

Tech Focus

May. 2026

Vol. 31



Focus Story
> Fall in Tech

자율 제조를 향한
AI 기술의 세 축

Special Report
> M.AX Series[©]

AI 팩토리,
도입을 넘어 실행으로

Changing Tomorrow
> Best Practice

감각을 입은 기술,
유연 센서 플랫폼의 진화

R&Dism
> 슬기로운 기술 생활

에너지소비효율 1등급을 만드는
핵심 '전력 반도체'



<테크 포커스>
웹진 보기
매월 10일 오픈

Tech Focus

May. 2026

<테크 포커스> 웹진에서 5월호 기사를 확인하세요! techfocus.kr

Vol. 31



Special Report

14

M.AX Series①

AI 팩토리, 도입을 넘어 실행으로

18

M.AX Series②

AI 공장, '운영체계'를 만든다

Changing Tomorrow

22

Best Practice

한국전자통신연구원

감각을 입은 기술, 유연 센서 플랫폼의 진화

26

R&D Project

(주)유니트론텍

차량의 '두뇌'를 하나로

Focus Story

2

Infographic

It's Hot, AI 팩토리

4

History

이제 지능도 제품이 된다!
제4차 산업혁명으로 태어난 새로운 공장, AI 팩토리

8

Film&Tech

영화 <슬립 딜러>에서 내다본 2020년대의 그늘

10

Fall in Tech

자율 제조를 향한 AI 기술의 세 축



등록일자 2013년 8월 24일 발행일 2026년 5월 11일 발행인 한국산업기술기획평가원 원장직무대행 서용원 발행처 한국산업기술기획평가원, 한국산업기술진흥원, 한국공학한림원
 주소 대구광역시 동구 첨단로8길 32(신서동) 한국산업기술기획평가원 후원 산업통상부 편집 및 제작 (주)한경매거진앤북(02-360-4816)
 인쇄 한국장애인문화콘텐츠협회(02-2279-6760) 문의 한국산업기술기획평가원(053-718-8386) 잡지등록 대구동, 라00026
 본지에 게재된 모든 기사의 판권은 한국산업기술기획평가원이 보유하며, 발행인의 사전 허가 없는 기사와 사진의 무단 전재, 복사를 금합니다.
 필자의 원고 및 취재원의 인터뷰 방향은 한국산업기술기획평가원의 입장과 일부 차이가 있거나 다를 수 있습니다.



44

키워드 산책

세계사는 처음부터 지금까지 철기시대였다

R&Dism

48

슬기로운 기술 생활

에너지소비효율 1등급을 만드는 핵심 '전력 반도체'

54

공학자의 시선

주철민 연세대학교 기계공학과 교수

렌즈의 한계를 넘어, 산술 광학 영상의 미래

58

잡 인사이드

김영덕 기초과학연구원 지하실험연구단장

보이지 않는 우주를 추적하다

62

Review

목소리단 리뷰

63

독자 퀴즈

30

Teen+Tech

로켓은 공기를 밀고 나가지 않는다

34

Tech Q&A

똑소리 나는 일상 속 과학 이야기

36

R&D Sense

#E/E 아키텍처

37

R&D Policy

첨단기술 경쟁의 시대, 활용과 보호를 잇는 산업 전략

One More Tech

40

Tech for Earth

상생과 친환경, K-외식의 새 표준을 세우다



AI 팩토리는 제조업의 효율을 높이는 기술을 넘어, 생산방식 자체를 바꾸는 핵심 인프라로 부상하고 있다. 글로벌 시장은 초고속 성장을 이어가며 주요 국가 간 투자 경쟁도 빠르게 확대되고 있다. 이제 제조 경쟁력은 'AI를 얼마나 빠르게 현장에 적용하느냐'에 달려 있다.

IT'S HOT, AI 팩토리

1 AI 팩토리 글로벌 시장 규모



2 AI 팩토리의 진화 단계



3 시 팩토리의 핵심 기능

생산공정 최적화

---> 공정 변수 실시간 분석으로
생산성 최대 + 불량 최소화

예지보전 Predictive Maintenance

---> 설비 데이터를 기반으로 **고장 사전 예측,**
가동률 향상

AI 비전 품질검사

---> 미세 결함까지 자동 탐지, **검사 정확도 90%**
이상 확보

공급망 최적화

---> 수요·재고·물류를 통합 분석해 **재고비용 절감**
+ 납기 단축

디지털트윈

---> 가상 공장에서 시뮬레이션 후 적용, **실패 없이**
공정 개선

4 AI 기반 제조 도입 시 기대 효과



출처 : 매킨지&컴퍼니 | McKinsey & Company

5 도입 장벽 및 해결 과제

데이터 품질과 확보 한계



AI 성능은 데이터에 좌우되며, 현장
데이터 축적과 정제가 핵심 과제

초기 투자 비용 부담



설비·인프라 구축에 대규모 선행 투자
필요, 도입 장벽으로 작용

조직·보안·표준 과제



인력 전환, 보안 리스크, 시스템 연계
문제 등 구조적 대응 필요

6 대한민국 제조의 AI 전환 방향

산업 AX 전환 추진

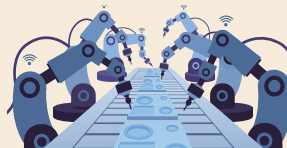
제조업 전반에 AI를 적용해
산업구조 전환 가속

AI 팩토리 사업

2025년 102개 → 2030년 500개

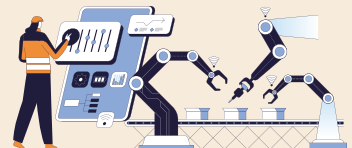
AI 기반 산업 혁신 강화

단순 기술 개발이 아닌 현장 문제
해결 중심으로 AI 활용 확대



현장 중심 실증 강화

기술을 실제 산업에 적용하고
활용 사례를 지속적으로 축적



제4차 산업혁명으로 등장한 스마트 팩토리는
AI 팩토리의 전 단계로 볼 수 있다.

이제 지능도 제품이 된다! 제4차 산업혁명으로 태어난 새로운 공장, AI 팩토리

인간은 동물과 달리 문명을 가지고 있다. 즉 생활을 더욱 편리하게 해주는 유무형의 도구를 만들 능력이 있다는 것이다. 그리고 그 능력은 기술 발전과 함께 효율성을 더해갔다. 급기야 인간은 생산 활동의 핵심인 지능까지 생산할 수 있는 AI 팩토리 시대를 열었다.

글 이동훈 과학 칼럼니스트

성경에 “사람은 떡으로만 살 수 없다”고 했던가? 그 말을 산업적 측면에서 해석해보면 동물에 비해 훨씬 진보한 이성과 욕망을 지닌 인간은 의식주 충족만으로 만족할 수 없는 존재이니, 의식주 외에 다양한 물품을 공급해줘야 한다는 뜻도 될 수 있다.

그 물품은 사람이 직접 만들어야 한다. 그래서 인간은 산업을 만들었다. 물품 생산도 그냥 하는 것보다는 최대한 효율적이고 경제적으로 해야 한다. 때문에 산업에 필요한 생산기술은 인류 역사를 거치며 꾸준한 발전을 이루었다. 그중 혁신적인 기술 발전을 우리는 산업혁명이라 부른다.

인류는 현재까지 여러 차례 산업혁명을 거쳐왔다. 당연히 인류의 초기 산업은 인력과 동물력, 자연력 등 통제하기 어렵고 증대하기도 어려운 힘에만 의존해왔다. 이러한 방식은 효율이 매우 낮았다. 즉 제작자의 기술에 따라 품질이 들쭉날쭉하고 생산량조차 적었다.

그러다가 18세기 후반 증기기관의 발명으로 일어난 제1차 산업혁명으로 인간의 산업에 기계력(증기기관)이 도입된다. 이로써 공장제 기계공업이라는 품질 표준화와 생산량 면에서 더욱 효율성 높은 생산방식이 생겼다. 이후 20세기 초 전기, 내연기관, 분업화로 촉발된 제2차 산업혁명은 효율성을 더욱 높였다.

그리고 1970년대에 시작된 제3차 산업혁명부터 생산시스템은 초보적인 형태로나마 지능을 갖기 시작한다. 이때부터 산업 현장에 PLC(프로그램 가능 논리 제어장치, 즉 일종의 컴퓨터)와 로봇이 도입되면서 생산시스템이 인간의 도움 없이도 자체적으로 외부의 상황을 파악하고 그에 맞게 대응할 수 있는 능력이 생긴 것이다.



AI 팩토리의 기반은 로봇과 PLC가 산업 현장에서 쓰인 1970년대부터 찾아볼 수 있다.

생산시스템의 지능화는 더 발전하여 빅데이터로 기계학습이 가능한 인공지능, 그리고 이 인공지능이 네트워크를 통해 조종할 수 있는 로봇을 앞세운 제4차 산업혁명 시대인 현대에 들어와 더욱 가속화되었다. 이러한 시대의 조류에 따라 생산 활동에서 가장 핵심적인 역할을 하는 기능인 (인공)지능 역시 공장에서 생산할 수 있는 시대가 왔다. 이렇듯 인공지능까지 생산해 자체적으로 생산효율을 높일 수 있는 체계가 바로 AI 팩토리의 아주 ‘거친’ 정의인 셈이다.

AI 팩토리란?

AI 팩토리는 데이터를 기반으로 인공지능^A을 대량생산하고, 이를 제품과 서비스 전반에 내재화해 새로운 가치를 창출하는 기업의 운영 모델이다. 즉 ‘모델을 운영하는 공장’이 아니라, ‘지능을 생산하는 기업 운영체계’를 말한다.

이러한 개념은 하버드 비즈니스 스쿨의 마르코 이안시티 교수와 카림 R. 라크하니 교수가 처음 제시했다. 이들은 2020년 저술한

산업혁명에 따른 생산 핵심 요소 변화

단계	핵심 동력	생산방식	생산 결과물
제1차	증기기관	기계화	면직물, 단순 기계 제품 등 경공업 제품
제2차	전기에너지	분업화 및 대량생산	철강, 자동차, 석유화학 등 중공업 제품
제3차	컴퓨터-인터넷	자동화	컴퓨터를 통해 정제된 데이터와 지식
제4차	AI-빅데이터	지능화(AI 팩토리)	시가 스스로 판단해 도출한 ‘최적의 공정’과 ‘맞춤형 솔루션’



엔비디아 최고경영자 쟈슨 황. 그는 AI 팩토리를 '데이터로 인공지능을 생산하는 공장'으로 정의했다.

<하버드 비즈니스 리뷰>의 소논문 <Competing in the Age of AI(인공지능 시대의 경쟁)>에서, AI 팩토리를 '데이터와 알고리즘을 중심으로 지능을 지속적으로 생산, 배포, 개선하는 운영체제'로 정의했다. 이후 하버드 비즈니스 스쿨 온라인의 <비즈니스 인사이트>에서는 이 개념을 확장해 '기업이 내·외부 데이터를 수집·분석하고, 알고리즘을 통해 예측 및 의사결정을 자동화하며, 그 결과를 다시 개선하는 지능 생산 사이클'로 설명했다.

반도체 기업 엔비디아^{NVIDIA}는 이러한 개념을 기술적 맥락으로 발전시켜 AI 팩토리를 하드웨어, 네트워크, 소프트웨어, 데이터센터가 통합된 '지능 생산 플랫폼'으로 정의했다. 특히 이 회사의 최고경영자 쟈슨 황은 "과거 제1차 산업혁명의 공장이 물을 끌어와 전기를 만들었듯, 미래의 공장은 데이터로 인공지능을 생산하는 AI 데이터센터가 될 것"이라는 비전을 제시했다. 그는 또한 "기존 IT 산업은 사람이 코딩한 소프트웨어를 만드는 데 집중했으나, 이제는 시가 스스로 학습하고 문제를 해결하는 '일' 그 자체를 제조하는 시대"라며 "기업뿐 아니라 국가도 주권을 지키기 위해서는 자체적인 AI 팩토리를 보유해야 한다"는 표현까지 쓰면서 AI 팩토리의 중요성을 역설했다.

AI 팩토리는 ① 데이터 수집과 정제 ② 이 데이터를 바탕으로 한 AI 모델의 설계 및 학습 ③ AI 모델의 테스트, 검증 및 품질관리 ④ AI 모델의 생산, 배포 ⑤ AI 모델의 모니터링, 유지보수 및 지속적 개선을 생산의 사이클로 한다. 이렇게

만들어진 AI 모델의 사용 결과는 다시 새로운 데이터가 되어 모델 개선에 쓰이는 선순환 구조를 구축, 지속적이고 확장 가능한 인공지능 생산 라인으로 진화한다.

20세기부터 시작된 AI 팩토리의 발판

AI 팩토리는 비교적 최근에 만들어진 개념이지만, 그 기원은 1970년대까지 거슬러 갈 수 있다. 앞서도 잠깐 말한, 당대의 PLC와 로봇을 통해 이루어진 생산 자동화를 AI 팩토리의 첫 단추로 여길 수 있다. 물론 사전에 입력된 프로그램대로만 동작하는 것이라, 지금에 비하면 단순하기 그지없었다.

그러다가 2010년대 초반 제4차 산업혁명이 일어나면서 네트워크를 통한 연결성이 크게 발전했고, 이로써 스마트 팩토리 시대가 열렸다. 장비들이 직접 데이터를 수집하는 것은 물론, 이를 사물인터넷을 사용해 전달할 수 있게 된 것이다. 하지만 이렇게 모은 방대한 데이터로 무엇을 할지는 아직 정해지지 않은 상태였다.

2010년대 중반 관련 기술 개발의 초점이 연결성에서 계산적 추론으로 이동하면서, 스마트 팩토리에서 AI 팩토리로의 변화도 본격적으로 시작된다. 이러한 기술적 변화로 인해 인공지능은 데이터가 가진 의미를 논리적으로 분석하기 시작했다. 이는 최적의 해답을 제시하거나 직접 실행할 수 있는 밑바탕이 되었다. 인간의 개입 없이도 데이터를 수집해 기계에 최적의 지시를 내리는 폐쇄형 데이터 루프 시스템이 구현되었고, 이를 통해 고장을 미리 예견하고 고장 전에 대처할 수 있는 예방정비가 가능해졌다. 이것은 원시적이긴 하지만 AI 팩토리의 본격적인 형태의 시작으로 볼 수 있다.

이후 2020년대 들어와 디지털트윈과 생성형 인공지능이 등장하면서 현실 세계와 가상 세계 간의 빈틈을 메웠다. 디지털트윈이란 실제 생산 현장의 실시간 가상 시뮬레이션이다. 인공지능은 디지털트윈을 사용해 1초에도 수천 개의 가상 시나리오를 예측할 수 있다. 따라서 관리자가 생산 라인의 변경을 원할 경우, 인공지능은 디지털트윈을 통해 그 효율성을 정확히 예측하고 가장 합리적인 조언을 할 수 있게 된 것이다.

생성형 인공지능은 생성형 설계와 합성 데이터를 생산할 수 있다. 생성형 설계는 인간보다 더 뛰어난 설계를 해낼 가능성이 있다. 합성 데이터는 현실에 기반한 가상 데이터로, 이를 이용하면 현실에서 충분한 데이터를 얻을 수 없을 때도 인공지능 모델을 교육할 수 있다.

인공지능이 주도하는 이러한 생산과정의 혁명은 이미 현실로 나타나고 있다. 스위스 제네바의 세계경제포럼은 30여 개국 220여 개 공장을 이러한 혁신을 이룬 등대 공장으로 선정했다. 구체적으로는 인공지능의 내재화를 통해 ① 고객 중심 운영 ② 생산성 향상 ③ 공급망 회복탄력성 향상 ④ 지속가능성 향상 등을 이룩한 산업 현장을 등대 공장이라 부른다. 엔비디아 등에서 구상하는 AI 팩토리는 이러한 제품 생산방식을 인공지능 생산에까지 적용하겠다는 것이다.

AI 팩토리의 미래와 도전

이러한 AI 팩토리는 우리에게 어떤 미래를 제시할 수 있는가? 우선 인공지능의 발전 추이에 맞춰 살펴볼 필요가 있다. 인공지능은 현재 생성형 인공지능을 넘어 에이전틱 인공지능, 물리적 인공지능으로 발전하는 추세다. 즉 현실 세계에서 자율적으로 작동하고 물리적 결과를 만들어내는 단계로 진화하고 있다. 그런데 현실 세계는 현재 인공지능의 고질적 문제인 할루시네이션(환각)을 용납치 않는다. 때문에 기업과 국가는 현실 세계에서도 할루시네이션 없이 훌륭하게 일할 수 있는 뛰어난 인공지능을 필요로 한다. 그러한 인공지능을 효율적으로 얻을 수 있는 시스템이 바로 AI 팩토리다. AI 팩토리는 이러한 변화를 수용해 지속 가능한 AI 개발 및 배포, 운영 효율화, 예측 및 개인화 등 고부가가치 AI를 생산해낼 수 있다.

또한 AI 팩토리는 표준화된 업무 흐름과 자동화된 데이터 파이프라인을 통해 기업에 운영효율성과 혁신성, 확장성을 부여한다. 기업 조직을 실험적 단계에서 산업화 형태로 전환하는 속도도 높일 수 있다. 이는 장기적 경쟁우위의 토대가 되며, 기업에 한정되지 않는다. 국가 역시 AI 팩토리를 보유함으로써 보유하지 못한 국가에 비해 경쟁우위를 얻을 수 있다.

하지만 AI 팩토리의 건설과 보급에는 장벽이 존재한다. 가장



기업의 경쟁력은 물론이고 국가경쟁력에까지 큰 영향을 줄 수 있는 AI 팩토리. 하지만 그 앞에 놓인 장벽도 만만치 않다.

현실적인 문제는 비용이다. AI 팩토리를 구축하려면 고성능 센서, 클라우드 인프라, 에지 컴퓨팅 장비 등 막대한 초기 비용이 필요하다. 게다가 IT 기술이 너무도 빠르게 발전하고 있어, 이렇듯 큰돈을 들여 구축한 시스템이 급속히 구식화될 수도 있다. 그리고 비용 대비 효율이 얼마나 나올지도 사전에 정량적으로 예측하기 어렵다.

이외에도 데이터 수집 현장 환경의 열악함을 들 수 있다. 열악한 환경에서 수집된, 규격이 통일되지 않고 오염된 데이터는 인공지능을 정확하게 학습시킬 수 없다. 그렇게 잘못 학습한 인공지능은 비현실적인 결론을 도출할 우려가 있으며, 이는 현실 세계에서 인명 및 재산 피해까지 가져올 수 있다.

보안 및 신뢰성 문제도 큰 장벽이다. 엄청난 양의 데이터를 지니고 있고 구성 요소 간 연결성도 뛰어난 AI 팩토리는 해커에게 매우 매력적인 공격 대상이다. 또한 인공지능에 존재하는 블랙박스 문제(판단의 근거를 설명하지 못하는 문제)가 해결되지 않으면 실무자는 그 결론을 따르기 어렵다. 그럼에도 AI 팩토리는 고령화와 환경문제 등 실존하는 큰 문제들에 맞서 지속 가능한 성장을 보장하는 대안으로 각광받고 있다. 앞으로의 추이를 지켜볼 일이다.



이동훈 과학 칼럼니스트

<월간 항공> 기자, <파플러사이언스> 외신기자 역임. 현재 과학·인문·국방 관련 저술 및 번역가. <과학이 말하는 윤리>, <화성 탐사> 등의 과학 서적을 번역했다.

인간은 더 나은 삶을 위해 기술을 발전시켜왔다. 그러나 역설적이게도 기술만으로는 더 나은 삶을 보장할 수 없다. 그런 점을 새삼 깨닫게 해주는 영화를 만나보자.

글 이경원 과학 칼럼니스트

영화 <슬립 딜러> 에서 내다본 2020년대의 그늘

영화 포스터.

이번에 다룰 영화는 알렉스 리베라 감독의 2008년 작 <슬립 딜러>다. 이 영화는 점잖게 말하면 ‘B급 감성이 넘치는’ 영화고, 빈말로라도 만듦새가 뛰어난 작품은 아니다. 초점이 어딘가 좀 안 맞는 듯한 푸르딩딩한 화면은 1980년대 한국 영화를 연상케 하고, 줄거리는 전혀 긴장감을 주지 못한 채 느리게 풀려간다. 그렇다고 액션이나 연기 등 볼거리가 뛰어나지도 않다. 훨씬 잘 만든 영화에 익숙해진 우리 눈에는 심심하기 그지없다.

그럼에도 이 작품을 고른 이유는 분명하다. 그런 영성찬 짜임새 속에 당대와 가까운 미래에 대한 시각을 짙게 넣었다는 점이다.

영화의 주인공 메모 크루즈(루이스 페르난도 페냐 분)는 멕시코의 시골 마을 산타아나 델리오에 사는 청년이다. 미국 기업 델리오워터사가 세운 댐 때문에 마을에는 물이 끊기고, 농사를 위해 필요한 물도 델리오워터사에 돈을 내고 사야 한다. 메모는 통신망을 해킹하며 미국을 비롯한 외부 세계에 대한 동경심과 호기심을 충족시키지만, 어쩌다가 델리오워터사의 보안 통신을 해킹하게 된 것이 화근이었다. 델리오워터사는 해킹범을 제거하겠다고 무인기를 보내 메모가 집을 비운 사이 메모의 집을 폭격하고, 불타는 집에서 뛰쳐나온 메모의 아버지도 사살해버린다.

순식간에 집도 아버지도 잃은 메모는 일자리를 얻어 남은 가족을 건사하기 위해, 티후아나시에 간다. 메모는 거기서 만난 여성 작가 루즈 마르티네스(레오노어 바레라 분)의 도움으로 취직한다. 메모가 하는 일은 티후아나에서 미국의 산업용 로봇을 원격조종하는 것이었다. 하지만 루즈가



메모에게 숨기는 사실이 있는데...

영화 속 스마트 생산기술들

이 영화는 그리 큰 흥행을 하지도 못했다. 하지만 꼼꼼히 뜯어볼수록 제작진이 당시 진행되고 있던 기술적 발전과, 그것이 불러올 미래상에 대해 정확히 예측하고 있는 것 같아 놀랍다. 이달의 주제 ‘AI 팩토리’에 필요한 기술인 스마트 생산에 대한 점도 그렇다.



영화에서 주인공들이 미국 본토의 생산 활동을 하는 데 사용한 기술들은 영화 개봉 이후 근 20년이 지난 현재 산업 현장에서 활발히 사용되거나 도입 초기 단계다.

우선 원격제어 및 텔레프레즌스^{Telepresence} 기술을 들 수 있다. 원격 현장감 기술로도 번역되는 텔레프레즌스 기술은 사용자의 감각에 자극을 제공해 실제 위치가 아닌 다른 장소에 있는 것처럼 느껴지게 하거나 영향을 주는 기술이다. 이는 이 영화에 묘사되는 각종 기술 중 가장 빠르게 실용화되었다. 다만 현실에서는 영화처럼 신경에 직접 연결하지 않고 컨트롤러와 VR을 이용한다.

원격제어 및 텔레프레즌스 기술은 영화와 마찬가지로 인간이 여러 가지 이유로 실제로 가기 힘든 곳에 로봇을 보내 원격조종하는 데 사용된다. 실례로는 의사가 의료 로봇을 이용해 멀리 떨어진 환자를 수술하거나, 사고 현장이나 심해·우주 등 인간이 가기 위험한 곳에 로봇을 보내 원격으로 조종하는 데 쓰인다. 영화에서 델리오위터사가 무인기를 이용해 메모의 집을 파괴한 것도 이러한 기술을 이용한 셈이다. 실제로 미군을 비롯한 여러 나라 군대에서 21세기 초를 시작으로 무인기 등의 원격조종 군용 로봇을 활발히 운용하고 있다.

또한 주인공들의 신체 움직임이 산업용 로봇의 움직임에 그대로 반영되는데, 이것은 현실의 기술인 사이버 물리 시스템을 나타낸 것이다. 현실에서는 영화에 묘사된 시스템 속 조종자는 로봇의 디지털 컨트롤러 역할을 수행한다.

또한 이 영화 속 주인공들은 자신의 신경계에 직접

케이블을 연결하고 네트워크에 접속해 이런저런 작업을 수행한다. 이것은 현실 세계 속 뇌-컴퓨터 인터페이스 기술^{BCI, Brain-Computer Interface}의 영화적 표현으로 볼 수 있다. 뇌신경계로부터 발생한 신경 신호를 측정·분석해 컴퓨터 또는 외부기기를 제어하거나, 사용자의 의사·의도를 외부에 전달하기 위한 기술이다. 최근 화제가 되고 있는 BCI 기술로는 일론 머스크의 기업 뉴럴링크사의 것이 있다. 최근 임상실험을 통해 생각만으로 컴퓨터 커서를 움직이거나 로봇 팔을 조종하는 단계까지 도달했다.



기억과 사생활을 팔아 돈을 버는 루즈. 현대인의 SNS 중독을 연상케 한다.

SF적 문법으로 표현된 현실 속 문제들

현실 세계에 대한 이런저런 비유와 풍자도 이 영화에서 빼놓을 수 없는 볼거리다.

로봇을 조종하던 노동자들의 건강이 악화돼 작업 중 쓰러지기까지 하는 장면은, 아무리 생산이 스마트화된다 해도 그 이면에 존재하는 인간의 노고와 희생을 무시해서는 안 된다는 점을 새삼 깨닫게 해준다. 자신의 기억과 사생활을 네트워크상에서 팔아 돈벌이를 하는 루즈의 모습은 SNS를 통해 열심히 자신을 과시하는 우리의 모습과 무척이나 닮았다.

그러나 인간은 결국 현실 세계에 발을 디디고 살 수밖에 없는 존재다. 현실 세계 속 인간의 삶은 누군가가 생산한 재화와 용역에 의해 지탱된다. 이 영화를 보며, 어떻게 해야 그 생산과정을 더욱 인간답고 지속 가능하게 할 수 있을지 의문을 던져보았으면 한다.

자율 제조를 향한 AI 기술의 세 속



2026년 3월 4일 서울 코엑스에서 열린 '2026 스마트공장·자동화산업전^{AW 2026}'
로보티즈 부스에서 휴머노이드 로봇이 시연을 하고 있다.

‘자율 제조’의 시대가 왔다. 그 중심에는 공간의 맥락을 이해하는 ‘피지컬 AI’, 현장의 복합적인 문제를 해결하는 ‘파운데이션 모델’, 그리고 안전을 책임지는 ‘고신뢰성’ 기술이 자리한다. 대한민국 제조업이 진정한 지능형 시스템을 갖추기 위한 기술적 과제와 미래 전략을 짚어본다.

글 이종석 카이스트 산업 및 시스템공학과 교수

피지컬 AI, 제조 파운데이션 모델, 그리고 제조 AI의 필수 조건인 고신뢰성

인공지능은 이제 실제 공장을 움직이는 기술로도 진화하고 있다. 제조 현장에는 로봇, 설비, 센서, 물류 장비, 작업자, 공정 데이터가 복잡하게 얽혀 있다. 자율 제조란 이러한 요소들이 서로 분리되어 움직이는 것이 아니라, 하나의 지능형 시스템처럼 연결되어 스스로 상황을 인식하고 판단하며 실행하는 제조 방식을 의미한다. 이를 가능하게 하는 핵심기술은 크게 세 가지로 정리할 수 있다. 첫째는 현실 세계에서 직접 움직이고 작동하는 자율 제조를 위한 피지컬 AI, 둘째는 제조 현장의 데이터를 폭넓게 학습해 다양한 공정 문제에 활용되는 제조 파운데이션 모델, 셋째는 제조 현장의 불완전한 데이터와 복잡한 물리 조건 속에서도 안전하고 믿을 수 있게 작동하는 제조 AI의 필수 조건, 고신뢰성이다.

1 자율 제조를 위한 피지컬 AI

피지컬 AI는 인공지능이 공간과 시간의 맥락을 이해하고, 이를 바탕으로 로봇이나 공장 자동화 장비 같은 물리적 장치가 사람의 지시 없이도 작업을 수행하도록 만드는 기술이다. 기존의 제조 AI가 품질검사, 설비 모니터링, 이상 탐지처럼 특정 기능을 보조하는 데 머물렀다면, 피지컬 AI는 공장 전체를 하나의 지능형 시스템으로 바라본다. 즉 개별 로봇을 똑똑하게 만드는 수준을 넘어, 여러 로봇과 설비가 서로 협력하면서 전체 생산 목표를 달성하도록 만드는 기술이다. 일각에서는 피지컬 AI를 “시공간 개념을 이해하고 물리적 장치들이 사람의 지시 없이 작업을 수행하도록 하는 최신 인공지능 기술”로 설명하고 있다.

이러한 방향은 최근 카이스트가 구축한 피지컬 AI 테스트베드 카이로스^{KAIROS, KAIST AI Robot Orchestration Systems}에서 구체적으로 구현되었다. 카이로스는 이기종 로봇, 센서, 설비, 디지털 트윈을 하나의 시스템으로 통합 제어하는 피지컬 AI 기반 무인공장 플랫폼이다. 물류 로봇 AMR, OHT, 3D 셔틀, 휴머노이드 로봇, 협동 로봇, 산업용 센서, PC 제어기, 무선 충전 시스템, 디지털트윈, 시뮬레이션, AI 기반 통합 관제와 안전관리 시스템이 하나의 운영체제 안에서 연결되었다. 공장 안의 장비들이 각자 따로 움직이는 것이 아니라, AI 에이전트 기반 단일 운영체제 위에서 하나의 공장처럼 움직이도록 만든 것이다.

피지컬 AI가 중요한 이유는 제조 현장이 단순한 반복 작업의 공간이 아니기 때문이다. 실제 공장에서는 주문 변화, 장비 고장, 로봇 간 충돌 위험, 물류 지연, 작업 순서 변경 등이 끊임없이 발생한다. 사람은 이런 상황을 보고 즉시 판단하지만, 기존 자동화 시스템은 미리 정해진 규칙 밖의 상황에 취약했다. 피지컬 AI는 디지털트윈 기반 가상공장에서 다양한 시나리오를 먼저 실험하고, 강화 학습을 통해 성공 가능성이 높은 행동전략을 학습한 뒤, 이를 실제 공장에 전이하는 방식으로 이러한 한계를 줄인다. 여기서 중요한 개념이 소프트웨어 정의 공장^{SDF, Software Defined Factory}이다. 기존 공장은 설비가 바뀌면 제어시스템과 운영시스템을 다시 맞춰야 했다. 반면 SDF는



카이스트가 구축한 피지컬 AI 테스트베드 카이로스^{KAIROS}. 로봇들의 정밀한 협동은 화면 속 데이터를 물리적 현실 세계에서 실행하는 ‘피지컬 AI’의 기술적 완성도를 보여준다.

공장을 거대한 앱처럼 바라본다. 하드웨어가 중심이 아니라, 소프트웨어가 공장의 구조와 운영 방식을 정의한다. 다양한 로봇과 설비가 공통 플랫폼 위에서 움직이면, 새로운 장비를 추가하거나 공정 흐름을 바꾸는 일도 훨씬 유연해진다.

앞으로 피지컬 시는 단순한 무인화 기술을 넘어, 공장 운영체계 자체를 바꾸는 기술로 발전해야 한다. 이를 위해서는 로봇 간 협업, 실시간 안전 제어, 디지털트윈의 정확도 향상, 사람과 시의 협업 방식, 그리고 서로 다른 제조기업이 함께 사용할 수 있는 표준 플랫폼 기술이 지속적으로 개발되어야 한다.

2 제조 파운데이션 모델

자율 제조가 공장을 움직이는 피지컬 시를 필요로 한다면, 그 공장이 스스로 판단하기 위해서는 제조 현장의 지식을 폭넓게 이해하는 시가 필요하다. 이것이 제조 파운데이션 모델^{MF_M}, Manufacturing Foundation Model^{MF_M}이다. 일반적으로 파운데이션 모델은 대량의 데이터로 사전 학습되어 다양한 작업에 적용할 수 있는 시 모델을 의미한다. 대규모 언어 모델이 일반적인 텍스트와 이미지를 중심으로 학습했다면, 제조 파운데이션 모델은 특히 설비 데이터, 센서 시계열 데이터, 공정 조건, 품질검사 이미지,

작업 이력, 장비 상태 정보 등 제조 현장에서 나오는 데이터를 중심으로 학습한다.

제조 파운데이션 모델의 핵심은 특정 공정 하나만을 위한 맞춤형 시가 아니라, 다양한 공정과 설비에 적용 가능한 공통 지식 기반을 만드는 데 있다. 지금까지 제조 시는 공장마다, 설비마다, 제품마다 따로 개발되는 경우가 많았다. 이 방식은 초기 정확도는 높일 수 있지만, 현장이 바뀌면 다시 데이터를 모으고 모델을 새로 만들어야 한다는 한계가 있었다. 제조 파운데이션 모델은 대규모 제조 데이터를 사전 학습해 제조 도메인 지식을 내재화하고, 이를 기반으로 예지보전, 품질검사, 공정 최적화, 생산계획, 이상 탐지 등 다양한 문제에 빠르게 적용할 수 있도록 설계된다. 이러한 목적으로 국내에서도 제조 파운데이션 모델 개발이 본격화되고 있다.

제조 파운데이션 모델 개발의 목적은 제조 시의 진입장벽을 낮추는 데 있다. 어떤 기업은 자체 데이터와 인력을 바탕으로 시 모델을 만들 수 있지만, 다른 기업은 데이터 수집, 모델 개발, 검증, 운영까지 모두 수행하기 어려울 수 있다. 제조 파운데이션 모델이 구축된다면, 기업은 처음부터 모델을 개발하지 않고도 이미 학습된 제조 지식을 활용해 현장의 문제를 해결하는 데 활용할 수 있다. 이처럼 제조 파운데이션 모델이 향후 실제 산업



공정 지능화를 위한 제조 파운데이션 모델. 특정 작업에 국한된 기존 시의 한계를 넘어, 방대한 제조 데이터를 사전 학습한 모델이 자율 제조를 위한 범용적 해결책이 될 수 있다.

전반으로 확산되기 위해서는 제조 데이터의 표준화, 보안과 지식재산권 보호, 업종별 벤치마크 구축, 현장 적응형 미세조정 기술, 그리고 모델이 내린 판단을 작업자가 이해할 수 있도록 설명하는 기술 등이 함께 발전할 필요가 있다.

3 제조 시의 필수 조건, 고신뢰성

피지컬 시와 제조 파운데이션 모델이 자율 제조의 큰 기술 축이라면, 그 아래에는 이들을 실제 현장에서 믿고 사용할 수 있게 만드는 기반 기술이 반드시 필요하다. 그것이 바로 고신뢰성이다. 제조 시는 일반적인 인공지능 서비스와 달리 현실 세계의 설비·로봇·공정과 직접 연결된다. 따라서 단 한번의 오작동도 단순한 오류에 그치지 않고 장비 손상, 생산 중단, 공장 재해, 나아가 작업자의 안전문제로 이어질 수 있다. 결국 제조 현장에서 사용되는 시는 좋은 성능을 내는 것뿐만 아니라, 위험한 판단이나 예기치 못한 행동을 사전에 방지할 수 있어야 한다.

하지만 제조 현장에서 수집되는 데이터는 완전할 수 없다. 데이터는 고온·고압·진동·먼지·화학물질 등 다양한 극한 환경에서 수집되며, 수작업 기록에 의존하기도 한다. 센서의 정밀도와 정확도에는 한계가 있고, 데이터에 노이즈가 섞이거나 일부 중요한 값이 측정되지 않는 경우도 있다. 이런 조건에서 수집된 데이터로 학습한 시가 항상 올바른 판단을 내린다고 기대하기는 어렵다. 따라서 신뢰할 수 있는 제조 시는 단순히 많은 데이터를 학습시키는 것만으로는 만들기 어렵다.

이 문제를 해결하기 위한 중요한 방향은 제조공정에 이미 존재하는 물리 지식, 운전 상식, 그리고 오랜 기간 축적해온 공학적·과학적 원리를 AI 학습에 함께 반영하는 것이다. 이를 넓은 의미에서는 귀납적 편향(Inductive Bias) 학습이라고 할 수 있으며, 물리법칙이 학습 과정에 포함되는 물리 정보 신경망(Physics-Informed Neural Network) 같은 기술도 이러한 흐름에 속한다. 예를 들어 어떤 제어변수를 높이면 온도가 증가해야 한다거나, 장비 사용량이 늘수록 유지보수 비용이 더 빠르게 증가해야 한다는 관계가 있다. 이러한 기본 관계가 지켜지지 않으면, 온도를 높여야 하는 상황에서 시가 오히려 해당 제어변수를 낮추는 식의 잘못된 결정을 내릴 수 있다. 제조 시에



제조 시는 오작동 시 중대한 문제로 이어질 수 있는 만큼, 물리법칙과 공정 상식을 학습해 안전성과 일관성을 확보하는 ‘고신뢰성’ 기술이 필요하다.

물리 지식과 공정 상식을 반영하는 이유가 바로 여기에 있다. 마치 실제 현장에 투입될 전에 인력을 엄격하게 훈련하듯, 제조 시 역시 안전성·일관성·해석 가능성·현장 적응성을 갖춘 형태로 학습되어야 한다.

앞으로 고신뢰 제조 시는 더 빠른 현장 적응, 불확실성 정량화, 결측 데이터 추정, 노이즈에 강한 학습, 온라인 업데이트, 안전성 검증, 설명 가능성까지 포함하는 방향으로 발전해야 한다. 이러한 기술이 뒷받침되지 않으면 피지컬 시와 제조 파운데이션 모델도 실제 제조 현장에 안정적으로 적용하기 어렵다. 피지컬 시가 공장을 움직이고 제조 파운데이션 모델이 공장의 지식을 학습한다면, 고신뢰성은 이 모든 기술이 현실의 공장 안에서 안전하게 작동하도록 만드는 마지막 관문이다. 눈에 잘 보이지는 않지만, 자율 제조를 가능하게 하는 가장 깊은 기반 기술이 바로 여기에 있다.



이중석 카이스트 산업 및 시스템공학과 교수

데이터 사이언스 기반의 자율 제조 시스템 분야를 이끄는 전문가다. 현재 카이스트에서 ‘피지컬 AI’ 및 ‘제조 파운데이션 모델’ 연구에 주력하며, 대한민국 제조업의 지능화와 고신뢰성 운영체계 구축을 위한 실천적 해법을 제시하고 있다.

What is M.AX Series?

산업통상부가 주도하는 '제조AX^{M.AX} 얼라이언스'에는 AI 팩토리를 비롯한 주요 산업 분과가 참여하고 있다. M.AX 얼라이언스 전문가들과 함께, 대한민국 핵심 산업이 딥테크와 결합해 어떻게 인공지능 전환^{AX}을 이뤄내는지 살펴본다.



미국 조지아주 엘라벨에 위치한 '현대자동차그룹 메타플랜트 아메리카'^{HMGMA}에서 자율주행 로봇^{AMR}이 작업장 바닥을 가로지르며 이동하고 있다.

AI 팩토리, 도입을 넘어 실행으로

가치사슬 전반의 데이터 연결과 제조 특화 AI가 만드는 새로운 제조 경쟁력

대한민국 제조업의 경쟁 축이 설비와 숙련의 시대를 지나 데이터와 AI가 지휘하는 '운영체계의 전환'으로 이동하고 있다. 현장의 지식과 데이터를 유기적으로 연결해 스스로 학습하고 작동하는 '실행 구조'를 갖추는 것이 핵심이다. 가치사슬 전반의 데이터 통합을 통해 제조 경쟁력의 새로운 임계점을 돌파할 AI 팩토리의 실천적 전략을 제시한다.

글 김영명 포항공과대학교 산업경영공학과 교수/ M.AX 얼라이언스 AI 팩토리 본과위원장

대한민국 제조업의 경쟁 방식이 바뀌고 있다. 과거에는 설비·속련·품질관리의 우위가 경쟁력을 만들었다면, 이제는 데이터를 얼마나 체계적으로 축적하고 이를 시와 연결해 운영에 반영하느냐가 경쟁력을 좌우한다. 제조의 중심축이 하드웨어만이 아니라 데이터와 소프트웨어로 이동하고 있기 때문이다.

이 변화 앞에서 중요한 질문은 “시를 도입했는가”가 아니다. “시가 실제로 작동할 수 있는 제조 구조를 갖추고 있는가”가 더 본질적이다. 많은 기업이 비전 검사, 예지보전, 공정 최적화와 같은 개별 과제에 시를 적용하고 있지만, 그것이 곧바로 시 팩토리를 의미하진 않는다. 시 팩토리의 핵심은 모델 하나의 성능이 아니라, 현장 데이터가 지속적으로 축적되고 학습되며 다시 운영에 반영되는 구조를 만드는 데 있다.

시 팩토리는 자동화의 고도화가 아니라

운영체계의 전환이다

시 팩토리는 흔히 스마트 팩토리의 다음 단계로 설명된다. 완전히 틀린 말은 아니지만, 이 설명만으로는 충분하지 않다. 시 팩토리는 단순히 자동화 수준을 높이는 개념이 아니라, 생산 품질 및 설비, 물류 공급망, 문서작업 지식이 데이터로 연결되고, 그 위에서 시가 반복적으로 학습하며 운영 의사결정을 지원하는 새로운 제조 운영체계에 가깝다.

따라서 시 팩토리 전환은 하나의 표준 경로로 일괄적으로 추진될 수 없다. 기업마다 데이터 성숙도, 설비 구조, 공정 특성, 인력 역량이 다르고, 같은 기업 안에서도 공장과 라인, 공정별 준비 수준이 다르다. 어떤 기업은 데이터 체계 정비가가 가장 시급하고, 어떤 기업은 공장 간 확산이나 공급망 연계가 더 중요한 과제일 수 있다. 선도 기업이라면 현장 적용과 제조 특화 모델 개발을 동시에 추진할 수도 있다.

결국 시 팩토리 전략은 정해진 순서를 밟는 단계론이 아니라, 기업의 수준과 과제에 따라 여러 축을 병렬적으로 추진하는 실행 전략이어야 한다.

실행 가능한 경로가 없으면 시 도입은 성과로

이어지기 어렵다

시 도입은 목적이 아니라 수단이다. 생산성, 품질, 에너지 효율, 납기 안정성, 회복탄력성을 높이기 위해 시를 활용하는 것이다. 그런데 현장에서는 여전히 ‘최신 시를 넣으면 혁신이 일어난다’는 기대가 앞서는 경우가 많다. 그 결과 데이터 체계가 충분히 갖추어지지 않은 상태에서 PoC^①가 반복되고, 일부 과제는 작동하더라도 공장 전체 차원의 확산으로 이어지지 못한다. 결국 시는 일부 부서의 실험에 머무르고, 제조 혁신은 조직에 내재화되지 못한다.

대한민국 제조업의 현실은 기업마다 크게 다르다. 일부 선도 기업은 이미 공정·설비·품질 데이터를 대규모로 축적하고 있지만, 많은 중소·중견기업은 데이터 수집 체계 자체가 불완전하거나, 데이터는 있어도 표준화되지 않아 실제 학습에 활용하기 어렵다. 이런 현실에서 중요한 것은 누가 더 화려한 시를 도입했는가 아니라, 누가 자기 수준에 맞는 경로를 통해 실제 운영 성과를 만들고 있는가다.

2030년을 위한 네 가지 실행 축

2030년을 향한 시 팩토리 로드맵은 흔히 1단계, 2단계, 3단계의 순차 구조로 제시되지만, 실제 현장에서는 그렇게 작동하지 않는다. 좀 더 현실적인 방식은 기업의 수준에 따라 병렬적으로 추진할 수 있는 네 가지 실행 축으로 보는 것이다.

첫째, 데이터 기반 정비와 제조 문맥의 구조화

시 팩토리의 출발점은 여전히 데이터다. 다만 여기서 중요한 것은 데이터의 양 자체가 아니다. 어떤 공정에서 어떤 변수가 중요한지, 설비 상태와 품질 결과를 어떻게 연결할지, 결측과 이상치를 어떻게 처리할지에 대한 기준이 먼저 서야 한다. 제조 현장에는 시계열, 이미지, 검사 결과, 작업 이력, 기술 문서 등 다양한 형태의 데이터가 공존한다. 이를 따로 저장하는 수준을 넘어 학습과 운영에 모두 활용 가능한 형태로 연결하는 것이 기본이다.

① PoC^① Proof of Concept : 기술이 실제로 구현 가능한지를 초기 단계에서 검증하는 실험적 과정.



2026년 3월 4일 서울 코엑스에서 열린 '2026 스마트공장·자동화산업전' 현대무백스 부스에서 관람객들이 자율주행 물류 로봇^{AMR}의 시연을 지켜보고 있다.

이 과정은 개별 기업 내부의 정비에 그쳐서는 안 된다. AI 팩토리 선도 프로젝트들을 통해 주요 업종의 데이터를 축적하고, 이를 대한민국 대표 제조 데이터셋 1.0으로 발전시킬 필요가 있다. 이후에는 참여 업종, 데이터 범위, 품질, 활용성을 확장하면서 2.0, 3.0으로 고도화해야 한다. 이러한 데이터셋은 연구기관과 솔루션 공급 기업에 제공돼 국내 제조 AI 수준을 객관적으로 평가하는 벤치마크 자료로 활용될 수 있어야 한다. 그래야 제조 시가 일부 기업의 폐쇄적 실증에 머무르지 않고 산업 전체의 학습 속도를 높이는 공통 자산이 될 수 있다.

둘째, 현장 효과가 분명한 AI 과제의 적용과 운영 내재화

수율 개선, 불량 조기 탐지, 설비 이상 예측, 에너지 최적화와 같이 효과가 비교적 분명한 과제에서 시를 적용하고 성과를 만드는 것이 중요하다. 이 단계에서 핵심은 기술 시연이 아니라 운영 성과다. 현장 엔지니어가 납득할 수 있는 설명 가능성, 재현 가능성, 유지보수 가능성이 함께 확보돼야 한다. 그래야 시가 일회성 도구가 아니라 지속적으로 사용하는 운영 수단이 된다.

이 축 역시 독립적으로 존재하지 않는다. 데이터 체계가 완전히 정비되기 전에도 준비된 일부 공정에서 성공 사례를 먼저 만들 수 있고, 반대로 데이터가 충분해도 현장 문제가 잘 정의되지

않으면 성과는 나오지 않는다. 따라서 데이터 기반 정비와 현장 적용은 대체로 함께 가야 한다.

셋째, 공장 내부를 넘어 가치사슬 전체로의 연결

AI 팩토리는 개별 라인 최적화에서 멈춰서는 안 된다. 생산계획, 품질, 설비, 물류, 협력사, 고객 수요 정보가 연결되어야 가치사슬 전체의 최적화가 가능해진다. 앞으로의 제조 경쟁은 한 공장 내부의 효율만으로 결정되지 않는다. 공급망 리스크, 고객 맞춤형 생산, 탄소 대응까지 고려하면 가치사슬 전체를 데이터로 연결하는 능력이 핵심이 된다.

이 축은 선도 기업만의 과제라고 보기 어렵다. 업종에 따라서는 협력사 품질 데이터 연계나 수요 연동 생산계획이 공장 내부 최적화보다 더 큰 효과를 낼 수도 있다. AI 팩토리는 연결된 제조 네트워크로 확장될 때 비로소 국가경쟁력의 기반이 된다.

넷째, 업종별 MFM의 성공 사례를 축적하고

더 큰 제조 시로 확장

제조 현장은 범용 시만으로는 충분히 설명하기 어렵다. 산업별·공정별·기업별 특성이 강하고, 시계열·이미지·문서·공정 맥락이 동시에 작동하기 때문이다. 그러나 처음부터 모든 제조 업종을 포괄하는 단일 거대 모델을 곧바로 구축하는 것도

현실적이지 않다. 좀 더 타당한 접근은 업종별 MFM^{Manufacturing Foundation Model}을 통해 먼저 성공 사례를 만드는 것이다.

반도체·철강·디스플레이·배터리·화학·정밀기계처럼 데이터 구조와 공정 특성이 비교적 뚜렷한 분야에서 업종별 MFM을 개발하고, 실제 문제 해결 성과를 입증하는 것이 우선일 수 있다. 이 과정에서 시계열·이미지·문서·공정 지식을 통합하는 제조 시의 공통 기반이 축적된다. 이러한 축적이 이루어질수록 이후에는 업종 간 공통 표현과 공통 구조를 확장해 좀 더 넓은 제조 영역을 포함하는 거대 제조 파운데이션 모델로 발전할 가능성이 열린다.

즉 거대 제조 파운데이션 모델은 처음부터 선언적으로 만들어지는 것이 아니라, 업종별 MFM의 실증과 축적을 통해 점진적으로 확장되는 장기 비전으로 보는 것이 타당하다.

승부처는 기술 자체보다 생태계다

AI 팩토리가 실제 성과로 이어지려면 기술 개발만으로는 부족하다. 산업 데이터 공급 구조, 검증 가능한 테스트베드, 현장 친화적 인력 양성, 산업 간 협력 플랫폼이 함께 작동해야 한다. 제조 시는 데이터가 없어서 못 하는 경우보다, 데이터가 있어도 연결되지 않고 활용 구조가 없어 못



2025년 10월 1일 M.AX 얼라이언스 AI 팩토리 분과위원장 및 AI 대표 수요 기업, 연구기관 등 관계자가 참석한 가운데 'AI 팩토리 M.AX 얼라이언스 전략회의'가 열렸다. 이날 회의에서 김정관 산업통상부장관은 AI 팩토리를 우리 제조업이 세계 1위에 도전할 핵심 분야로 꼽으며, 과감한 규제 혁파와 정책을 통해 집중 지원하겠다고 밝혔다.

하는 경우가 훨씬 많다. 따라서 정책과 산업계는 데이터의 생성·공유·표준화·활용을 촉진하는 구조를 만드는 데 더 적극적으로 나서야 한다.

이 점에서 M.AX 얼라이언스의 역할이 중요하다. AI 팩토리는 개별 기업이 각자 해결하기 어려운 과제다. 선도 기업은 실증 사례를 축적하고, 중소·중견기업은 이를 참고할 수 있어야 하며, 대학과 연구기관은 공통 기반 기술과 인재를 공급해야 한다. 정부 역시 일률적 지원이 아니라 기업별 성숙도에 맞는 다층적 지원 체계를 설계해야 한다. 최신 키워드를 쫓는 접근만으로는 제조 현장의 AI 전환이 이루어지지 않는다. 도입 수준이 낮은 기업에도 현실적으로 필요한 기술과 경로를 제공하는 폭넓은 지원이 함께 이루어져야 한다.

추격형 도입에서 선도형 실행으로

한국 제조업은 여전히 강하다. 그러나 과거의 경쟁 우위만으로 미래를 보장받을 수는 없다. 지금 필요한 것은 시를 얼마나 멋지게 말하느냐가 아니라, 시가 실제 제조 경쟁력으로 작동하는 구조를 얼마나 빨리 갖추느냐다. 그 구조의 핵심은 현장에서 학습 가능한 데이터 기반, 문제 해결로 이어지는 실행 체계, 그리고 가치사슬 전체를 연결하는 산업 생태계다.

그 위에서 업종별 MFM의 성공 사례를 만들고, 이를 더 넓은 제조 영역으로 확장할 수 있을 때 한국 제조업은 단순한 AI 도입을 넘어 제조 시의 기준을 스스로 설계하는 위치로 나아갈 수 있다. 추격자는 남이 만든 기술을 빠르게 도입하는 데 익숙하지만, 선도자는 자기 산업의 문제를 깊이 이해하고 그 문제를 푸는 데이터와 모델, 실행 체계를 스스로 만든다. AI 팩토리의 전환도 결국 그 지점에서 시작된다.



고영명 포항공과대학교 산업경영공학과 교수 / M.AX 얼라이언스 AI 팩토리 분과위원장은 확률 시스템 분석 및 데이터 기반 최적화 분야의 전문가로, 제조 시스템의 데이터 기반 운영과 산업 시, 제조 파운데이션 모델을 연구하고 있다. 현재 M.AX 얼라이언스 AI 팩토리 공동분과위원장으로 활동하며, 제조업의 AI 전환과 AI 팩토리 실행 전략을 산학연 협력 관점에서 모색하고 있다.

실험실의 기술이 실제 공장 환경에서 살아 움직이기 위해서는 개별 기술의 성능을 넘어선 '통합 운영체계'의 검증이 필수다. AI 무인공장 실증 랩 카이로스를 통해 대한민국 제조 현장의 새로운 임계점을 돌파할 '제조 AI 실증 전략'의 핵심을 짚어본다.

글 김선녀 사진 김기남

AI 공장, '운영체계'를 만든다

카이로스가 여는 자율 제조 플랫폼 시대





제조산업이 또 한 번의 전환기를 맞고 있다. 글로벌 공급망 재편과 보호주의 확산 속에서 제조업은 이제 생산을 넘어 ‘국가 안보’의 핵심 요소로 인식되고 있다. 이러한 변화 속에서 카이로스가 구축한 AI 기반 무인공장 플랫폼 ‘카이로스^{KAIROS}’는 공장의 개념 자체를 다시 정의하는 시도로 주목받고 있다. 개별 설비의 자동화를 넘어, 공장 전체를 하나의 지능형 시스템으로 운영하는 새로운 제조 패러다임이 본격적으로 현실화되고 있다.

‘공장 운영체제’를 향한 도전, 제조의 판을 바꾸다

그동안 한국 제조업은 세계 최고 수준의 생산 역량을 갖추고도, 공장 운영의 핵심 영역에서는 해외 기술에 의존해왔다. 독일의 지멘스를 비롯한 글로벌 기업들이 공장 자동화 장비와 시뮬레이션 소프트웨어 시장을 주도하며, 제조의 ‘두뇌’ 역할을 담당해온 것이다. 이는 단순한 기술 의존을 넘어, 공장의 설계와 운영 방식 자체가 외부 플랫폼에 종속되는 구조로 이어졌다는 점에서 한계로 지적돼왔다. 특히 데이터가 축적될수록 플랫폼 종속성은 더욱 강화되는 특성을 보이며, 장기적으로는 산업 경쟁력에도 영향을 미칠 수밖에 없는 구조다.

카이로스는 이러한 구조적 한계를 넘어서기 위한 시도에서 출발했다. 개별 기계의 성능 경쟁을 넘어, 공장 전체를 통합적으로 운영하는 ‘제조용 운영체제^{Manufacturing OS}’를 확보해야 한다는 문제의식이 배경이 됐다. 단순 설비 자동화 수준이 아니라, 서로 다른 로봇과 공정을 하나의 시스템으로 묶어내는 플랫폼이 필요하다는 판단이었다. 나아가 공장 내에서 생성되는 데이터를 스스로 축적하고 활용할 수 있는 자립적 구조를 구축하는 것 역시 중요한 목표로 설정됐다.

카이로스가 지향하는 공장은 명확하다. 물류 로봇, 조립 로봇, 휴머노이드 등 수많은 서로 다른 기종의 장비들이 하나의 오케스트라처럼 유기적으로 협업하는 ‘진정한 AI 공장’이다. 궁극적으로는 사람의 개입 없이 운영되는 ‘다크팩토리^{Dark Factory}’를 구현해, 제품이 아니라 ‘공장 시스템과 운영의 지혜’ 자체를 수출하는 산업으로 확장하는 것이 목표다. 이는 제조업의 경쟁 기준을 생산량이나 원가가 아닌, 운영 능력과 시스템 경쟁력으로 전환하는 시도라는 점에서 의미가 크다.

카이스트 실증 랩의 핵심 구조를 보여주는 전경이다. 제조 현장 곳곳에 배치된 서로 다른 기종의 로봇과 자동화 설비들이 거대한 '데이터 연결망'을 통해 유기적으로 작동하고 있다.



‘두뇌’가 생긴 공장, 자동화에서 자율화로

제조 현장은 지금 빠르게 변하고 있다. 고정된 컨베이어 중심의 생산 라인은 점차 사라지고, 자율주행 물류 로봇^{AMR}과 셀^{Cell} 단위 생산을 기반으로 한 유연한 구조로 재편되고 있다. 과거가 개별 공정을 자동화하는 ‘점의 혁신’이었다면, 현재는 공정 간 흐름과 연결을 최적화하는 ‘선과 면의 혁신’으로 확장되고 있는 것이다.

이 과정에서 카이로스는 단순한 제어시스템이 아닌, 공장 전체를 통합하는 ‘지능형 접착제’이자 ‘운영 두뇌’로 작동한다. 공정 간 물류 흐름, 설비 상태, 작업 우선순위 등 다양한 요소를 동시에 고려해 실시간으로 자원을 재배치하며, 기존 제조 시스템이 갖고 있던 불확실성과 변동성을 스스로 관리하는 구조를 만든다.

특히 카이로스는 ‘KAIROS LOGOS’라는 의사결정 시를 중심으로 운영된다. 이 시스템은 시각언어 모델^{VLM}과 강화학습을 기반으로 공장의 전체 상황을 이해하고, 작업 할당과 공정 최적화, 로봇 협업을 결정한다. 동시에 디지털트윈 플랫폼 ‘KAIROS JANUS’에서 미래 시나리오를 시뮬레이션하며, 실제 생산과정에서 발생할 수 있는 병목이나 충돌을 사전에 조정한다.

이처럼 공장은 이제 사람이 계획하고 기계가 실행하는 구조가

아니라, 시가 스스로 판단하고 운영하는 ‘자율시스템’으로 진화하고 있다.

실증과 데이터, 그리고 ‘다크팩토리’로 가는 길

카이로스의 또 다른 특징은 기술 개발을 넘어 실제 공장 환경에서의 실증에 초점을 맞추고 있다는 점이다. 카이스트 실증 랩은 단순한 테스트 공간이 아니라, 공장 운영의 핵심 구조를 검증하는 역할을 수행한다. 특히 ‘대화형 AI 공장장’ 실증에서는 관리자가 자연어로 공장 상황을 질의하면, 시가 실시간 데이터를 기반으로 문제 원인을 추론하는 과정을 성공적으로 입증했다.

이 과정에서 확인된 가장 중요한 사실은, 개별 기술의 성능보다 ‘통합 운영’이 전체 생산성을 좌우한다는 점이다. 아무리 빠른 로봇이라도 시스템 전체의 흐름이 최적화되지 않으면 생산효율은 떨어질 수밖에 없다. 결국 공장의 경쟁력은 개별 장비가 아니라, 이를 어떻게 연결하고 운영하느냐에 달려 있다.

데이터 역시 핵심 요소로 작용한다. 제조 데이터는 금융이나 IT 데이터와 달리 불균형과 노이즈가 크기 때문에, 단순한

수집보다 체계적인 관리와 표준화가 중요하다. 카이로스는 시간당 수백 GB 규모의 데이터를 처리하며, 센서 데이터, 로봇 행동 데이터, 운영 데이터를 통합적으로 활용해 시의 판단 정확도를 높이고 있다.

다만 완전한 다크팩토리를 구현하기까지는 여전히 과제가 남아 있다. 극히 드문 불량 사례를 학습해야 하는 데이터 문제, 가상환경에서 학습한 결과를 실제 공장에 정확히 적용하는

심투리얼^{Sim-to-Real} 기술, 그리고 무엇보다 안전성과 신뢰성 확보가 핵심 과제로 꼽힌다.

이러한 도전에도 불구하고 방향은 분명하다. 앞으로 제조산업은 공장을 얼마나 잘 ‘만드느냐’보다 얼마나 잘 ‘운영하느냐’의 경쟁으로 이동하고 있다. 카이로스는 그 변화의 중심에서, 한국 제조업이 ‘제품 수출 국가’를 넘어 ‘공장 시스템 수출 국가’로 도약할 수 있는 가능성을 보여주고 있다.

Q1. 실증 랩을 통해 AI 공장을 검증하는 과정에서 가장 어려웠던 점은 무엇인가요?

가장 큰 어려움은 기술을 실제 공장 환경에 적용하기 전에 충분히 검증할 수 있는 체계가 부족했다는 점입니다. 가동 중인 공장에 검증되지 않은 기술을 바로 적용하는 것은 현실적으로 부담이 크기 때문에, 별도의 실증 환경이 필수적입니다.

또한 현재 시장에서는 로봇과 자동화 기술을 객관적으로 평가할 수 있는 기준과 공간이 부족해, 수요 기업과 공급

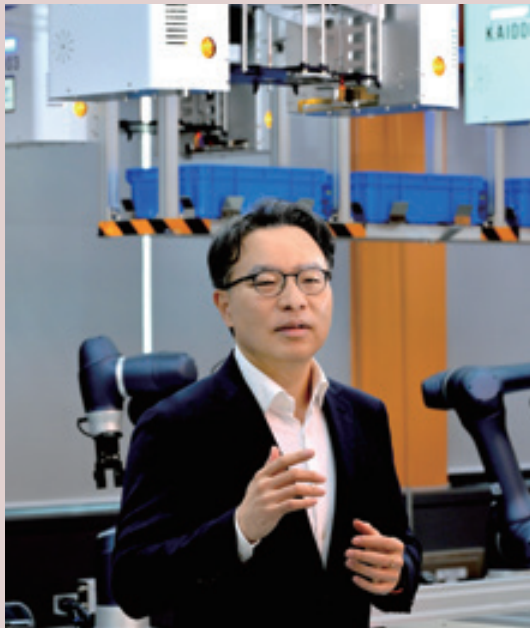
기업 간 신뢰 문제가 발생하고 있습니다. 이러한 상황을 개선하기 위해서는 공인된 기관을 중심으로 기술을 검증하고 성능을 평가할 수 있는 체계가 필요합니다. 카이로스 역시 이러한 실증과 평가 체계를 구축해, 시장의 신뢰 기반을 만들어가는 방향을 지향하고 있습니다.

Q2. AI 공장에서 데이터는 어떤 의미를 갖나요?

제조 데이터는 단순히 많이 확보하는 것이 아니라, 맥락과 구조를 갖추는 것이 중요합니다. 센서 데이터, 로봇 행동 데이터, 운영 데이터를 체계적으로 통합해야 AI가 실제 상황을 이해할 수 있습니다. 결국 데이터 체계를 어떻게 설계하느냐가 공장 운영 성능을 좌우하는 핵심 요소입니다.

Q3. AI 공장 플랫폼이 글로벌 경쟁력을 갖기 위해 가장 중요한 요소는 무엇이라고 보시나요?

핵심은 개별 기술이 아니라 산업 전체를 아우르는 ‘체계’와 ‘시장 설계’입니다. 지금까지는 기술을 개발하면 시장이 자연스럽게 따라온다는 인식이 있었지만, AI 공장 같은 분야에서는 기술과 함께 시장과 비즈니스 모델을 동시에 만들어야 합니다. 특히 글로벌 시장에서는 무인공장 수요가 빠르게 증가하고 있지만, 개별 설비나 로봇 단위로 경쟁해서는 한계가 있습니다. 국내 기업들이 하나의 플랫폼과 표준 위에서 협력하는 ‘팀 코리아’ 전략을 통해, 공장 전체를 구성하는 운영 시스템과 그 노하우를 패키지로 수출해야 비로소 경쟁력이 생깁니다. 결국 앞으로의 제조 경쟁은 제품이 아니라 ‘공장 시스템과 운영 방식’을 누가 먼저 구조화하고 시장으로 확장하느냐에 달려 있다고 판단합니다.



로봇 손가락 끝에 내장된 센서가 물체를 잡는 순간 발생하는 압력 분포를 실시간으로 감지한다. 감지된 힘의 강도에 따라 LED 색상이 다르게 표현된다.



한국전자통신연구원

감각을 입은 기술, 유연 센서 플랫폼의 진화

유연·인장형 센서 플랫폼이 여는 ‘전자 피부’ 시대

로봇이 물체를 ‘느끼고’, 피부에 붙은 센서가 몸의 변화를 ‘읽는’ 시대가 가까워지고 있다. 그 출발점에는 다양한 신호를 동시에 감지하고, 변형 환경에서도 안정적으로 동작하는 차세대 센서 기술이 있다. 한국전자통신연구원^{ETRI}은 유연·인장형 센서 플랫폼을 통해 이러한 변화를 현실로 끌어오고 있다.

글 김선녀 사진 김기남



연구과제명	자유형상 고집적 융복합 센서를 위한 대면적 웨이퍼레벨 유연인장 하이브리드 센서 플랫폼 기술 개발
제품명(적용 제품)	촉각 센서 내장형 로봇 손가락/ 근활성 모니터링 웨어러블 센서 디바이스/ 피부 부착형 혈압 센서 패치
개발기간(정부 과제 수행기간)	2022년 4월 ~ 2028년 12월
총 정부출연금	111억 3000만 원
개발기관	한국전자통신연구원
참여 연구진	김혜진, 홍찬화, 진한빛, 최종락, 김윤정, 주훈표, 서새롬, 이동영

센서의 진화, ‘소자’에서 ‘플랫폼’으로

센서는 오랫동안 특정 물리량을 측정하는 ‘단일 기능 소자’ 중심으로 발전해왔다. 압력, 온도, 움직임, 생체 신호 등 각각의 정보를 개별 센서를 통해 수집하는 방식이 일반적이었다. 이런 구조는 측정 정확도 측면에서는 유리했지만, 여러 신호를 동시에 통합적으로 해석해야 하는 실제 환경에서는 한계를 드러냈다. 특히 복합적인 상황을 빠르게 인지해야 하는 응용 분야에서는 센서 간 정보 단절이 시스템 전체 성능을 제한하는 요인으로 작용해왔다.

특히 로봇이나 웨어러블 기기처럼 복합적인 물리·생체 정보를 동시에 처리해야 하는 경우, 센서 간 데이터 통합이 어려워 시스템 설계가 복잡해지고 응답 속도 또한 제한되는 문제가 발생한다. 이로 인해 센서는 점차 ‘단일 측정장치’에서 ‘통합 감지 시스템’으로의 전환이 요구되고 있다. 나아가 다양한 센서 데이터를 하나의 흐름으로 연결해 해석하는 능력이 차세대 센서 기술의 핵심 경쟁력으로 부상하고 있다.

ETRI 지능형부품센서연구실은 이러한 흐름에 맞춰 센서를 개별 소자가 아닌 ‘플랫폼 기술’로 접근했다. 하나의 기판 위에 다양한 센서를 집적하고, 이를 하나의 시스템처럼 동작하도록 설계한 것이다. 특히 반도체 공정과 호환되는 대면적 웨이퍼 기반 제조 방식을 적용해, 기존의 소면적·개별 센서 구조를 넘어서는 확장성을 확보했다. 이러한 접근은 센서 기술의 패러다임을 바꾸는 시도로 평가된다. 센서가 단순히 데이터를

수집하는 역할을 넘어, 다양한 정보를 동시에 인지하고 통합적으로 해석할 수 있는 ‘지능형 입력 인터페이스’로 진화하고 있기 때문이다. 이러한 변화는 향후 AI 및 로봇 시스템의 성능을 좌우하는 핵심 기반 기술로 작용할 것으로 기대된다.

늘어나는 전자, 현실 환경에 적응하다

현실 세계는 평면이 아닌 곡면과 변형으로 이루어져 있다. 사람의 피부, 관절, 로봇의 구조물은 끊임없이 늘어나고 휘어진다. 이러한 환경에서는 기존의 경질 센서가 제대로 작동하기 어렵다. 실제로 실리콘 기반 센서는 높은 성능을 갖지만, 반복적인 변형이 가해질 경우 성능 저하나 구조 손상이 발생하는 문제가 있었다.

이번 기술은 이러한 한계를 극복하기 위해 ‘유연성’과 ‘신뢰성’을 동시에 확보하는 구조 설계가 핵심이다. 단순히 부드러운 소재를 사용하는 것이 아니라, 전극-배선-계면 구조까지 포함한 전체 시스템을 변형 환경에 최적화한 것이 특징이다.

연구팀은 최대 약 60% 수준의 신축 환경에서도 전기적 특성이 안정적으로 유지되도록 설계했으며, 반복적인 인장과 굽힘에도 신호 왜곡이 최소화되도록 배선 구조를 정밀하게 제어했다.



다양한 변형 환경에서도 신호 왜곡 없이 안정적으로 동작하는 유연-인장형 센서 플랫폼 실증 모델이다. 고해상도 센서가 집적된 이 플랫폼은 사람의 피부처럼 부드럽게 밀착되면서도 고도의 감각기능을 수행할 수 있는 것이 특징이다.



ETRI 연구진이 개발한 유연 센서 플랫폼을 활용한 다양한 웨어러블 시제품들. 가슴 부위에 부착해 심박 및 부정맥을 실시간으로 감지하는 심혈관계 모니터링 패치(왼쪽)와 손목에 착용하여 근육과 관절의 움직임을 정밀하게 분석하는 근골격계 모니터링 기기(오른쪽)다.

특히 다양한 센서를 하나의 기판에 집적할 때 발생하는 ‘응력 집중’ 문제를 해결하기 위해 구조적 분산 설계를 적용한 점이 중요한 기술적 성과다.

또한 서로 다른 물성을 지닌 센서들이 결합될 때 발생하는 계면 불안정성 문제를 해결함으로써, 장기간 사용 환경에서도 성능을 유지할 수 있는 기반을 마련했다. 이는 단순한 소재 기술을 넘어, 공정-구조-시스템 설계가 결합된 통합 기술의 결과라 할 수 있다.

전자 피부에서 피지컬 AI까지

유연-인장형 센서 플랫폼은 이미 다양한 형태의 시제품으로 구현되며 실제 적용 가능성을 보여주고 있다. 로봇 그리퍼에 적용된 센서는 물체를 잡을 때 단순한 압력뿐 아니라 접촉 위치, 방향, 힘의 분포까지 인지할 수 있어 좀 더 정밀하고 안정적인 작업이 가능하다. 특히 물체의 재질이나 강성까지 구분할 수 있어, 기존 로봇이 수행하기 어려웠던 섬세한 작업 영역으로의 확장이 기대된다.

웨어러블 헬스케어 분야에서도 활용 가능성이 크다. 피부에 부착된 상태에서 지속적으로 생체 신호를 측정할 수 있어, 일상 환경에서의 건강 모니터링이 가능해진다. 이는 의료기기가

병원 중심에서 일상으로 확장되는 흐름과 맞물려 중요한 변화를 만들어낼 것으로 기대된다. 나아가 개인 맞춤형 건강관리나 예방 중심 의료로의 전환을 촉진하는 기반 기술로도 주목받고 있다.

향후에는 센서 집적도를 더욱 높여 사람의 피부와 유사한 ‘전자 피부^{E-skin}’ 구현이 목표다. 접촉 위치와 압력 분포, 시간에 따른 변화까지 정밀하게 인지할 수 있는 고해상도 센싱이 가능해질 전망이다. 나아가 센서 데이터와 인공지능을 결합해, 단순 측정을 넘어 상황을 해석하고 판단하는 ‘지능형 센서 시스템’으로 발전하는 것이 중장기 방향이다. 이는 센서가 단순한 입력장치를 넘어, 로봇과 인간의 상호작용을 가능하게 하는 핵심 인터페이스로 자리 잡게 됨을 의미한다.

한국전자통신연구원 지능형부품센서연구실은?

한국전자통신연구원은 인공지능, 통신, 반도체, 디지털 융합 등 ICT 전반을 연구하는 국내 대표 정부 출연 연구기관이다. 미래산업을 선도할 핵심 원천기술 개발과 기술 사업화를 동시에 추진하며, 국가 기술경쟁력 확보에 기여하고 있다. 최근에는 유연 전자, 차세대 센서, AI 융합 기술 등 사람과 기계의 상호작용을 고도화하는 연구에도 집중하고 있다.



“
 센서는 이제 측정장치가
 아니라, AI 시대의
 ‘감각’입니다.
 ”

Q1. 이번 기술의 현재 상용화 수준은 어느 단계인가요?

현재 핵심 플랫폼과 시제품은 확보된 상태이며, 일부 기술은 실제 제품에 적용돼 기술이전과 매출로 이어지고 있습니다. 이는 연구 성과가 실험실을 넘어 산업 현장에 적용 가능한 수준에 도달했음을 의미합니다. 다만 본격적인 확산을 위해서는 공정 안정화와 양산 체계 구축이 추가적으로 필요합니다.

Q2. 성능을 결정짓는 가장 중요한 요소는 무엇인가요?

가장 중요한 요소는 변형 환경에서도 유지되는 전기적 안정성과 다중 센서 통합성입니다. 특히 반복적인 인장과 굽힘 조건에서도 신호가 왜곡되지 않고 안정적으로 유지되는 구조 설계가 핵심이며, 이러한 요소들이 동시에 확보돼야 실제 응용환경에서 활용 가능합니다. 또한 다양한 센서를 하나의 플랫폼에 집적한 상태에서도 개별 성능 저하 없이 안정적으로 동작하는 것이 중요한 기술적 기준입니다.

Q3. 연구 과정에서 가장 어려웠던 점은 무엇이었나요?

유연성, 신축성, 신뢰성을 동시에 만족시키는 것이 가장 큰 기술적 과제였습니다. 일반적으로 유연성을 높이면 전기적 안정성이 떨어지고, 신뢰성을 확보하면 구조가 경직되는 문제가 있기 때문입니다. 이를 해결하기 위해 기판-전극-계면

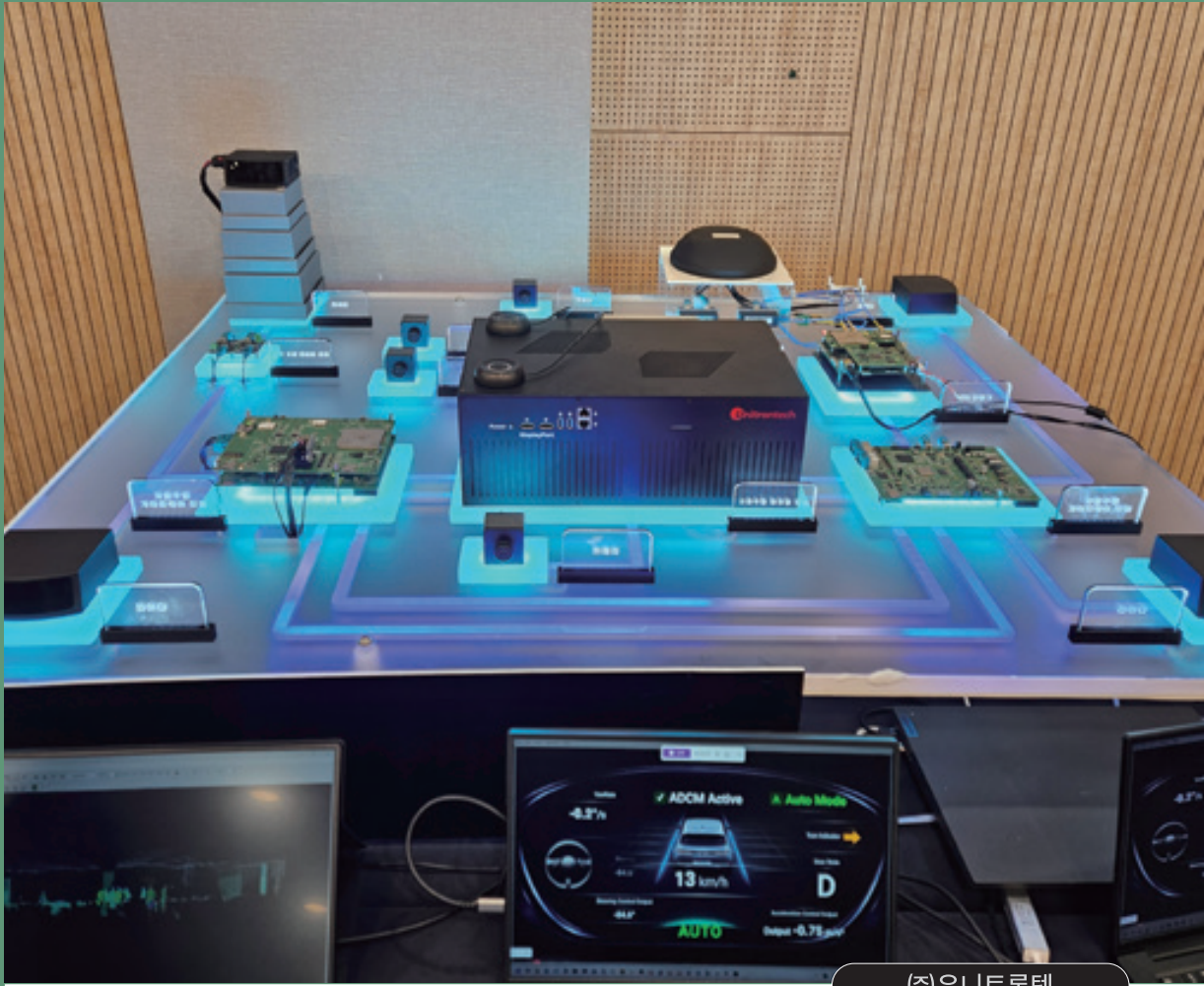
구조를 통합적으로 재설계했습니다. 특히 반복 변형 환경에서 발생하는 응력 집중을 제어하는 구조 설계가 핵심 난제로 작용했습니다.

Q4. 글로벌 기술과 비교할 때 차별점은 무엇인가요?

글로벌 연구는 주로 개별 센서의 성능 개선이나 소면적 구현에 집중되어 있습니다. 반면 이번 기술은 대면적 웨이퍼 공정 기반에서 다양한 센서를 통합한 플랫폼을 구현했다는 점에서 차별성이 있습니다. 이는 향후 산업 적용과 확장성 측면에서 중요한 경쟁력입니다.

Q5. 센서를 데이터 관점에서 보면 AI나 로봇 기술의 출발점이라고 볼 수 있는데, 연구원에서는 이 기술이 어떤 역할을 할 것이라 기대하는지 궁금합니다.

센서는 AI와 로봇 기술의 출발점입니다. 앞으로는 단순 데이터 수집을 넘어 디바이스 내부에서 직접 해석하고 판단하는 방향으로 발전할 것입니다. 저희는 이번 기술이 ‘피지컬 AI’ 구현의 출발점이 될 수 있다고 기대하며, 센서-반도체-AI 알고리즘을 결합해 스스로 판단하고 피드백하는 지능형 시스템으로 발전시키는 것을 목표로 하고 있습니다.



차량의 ‘두뇌’를 하나로

중앙집중형 아키텍처가 여는 자율주행의 미래

자율주행 기술이 고도화될수록 차량 내부의 ‘두뇌’ 구조도 빠르게 진화하고 있다. 분산된 제어시스템으로는 감당하기 어려운 수준의 데이터와 연산 요구가 등장하면서, 자동차는 이제 하나의 거대한 컴퓨터로 재편되고 있다. 유니트론텍은 중앙집중형 아키텍처 기반 컴퓨팅 플랫폼을 통해 이러한 변화를 현실로 구현하고 있다.

글 김선녀 사진 한승훈

연구과제명	중앙집중형 아키텍처 기반 Lv.4 자율주행 컴퓨팅 플랫폼 상용화 기술 개발
제품명(적용 제품)	ADCM ^{Autonomous Driving Computing Module}
개발기간(정부 과제 수행기간)	2021년 4월 ~ 2025년 12월
총 정부출연금	81억 3000만 원
개발기관	(주)유니트론텍, 경신, LG U+, 텔레칩스, 한국자동차연구원, 서울대학교 산학협력단
참여 연구진	정태욱 외 7명

자동차의 두뇌가 바뀌고 있다

기존 자동차 전자 아키텍처는 기능별 ECU^{Electronic Control Unit}가 분산된 구조였다. 엔진·제동·조향·센서 처리 등 각 기능이 개별적으로 작동하는 방식으로, 비교적 단순한 제어에는 적합한 구조였다. 그러나 자율주행 기술이 발전하면서 상황은 완전히 달라졌다. 차량이 주변 환경을 스스로 인식하고 판단해야 하는 단계에 이르면서, 단순 제어를 넘어 복합적인 데이터 처리와 의사결정 기능이 요구되기 시작했다.

카메라·라이다·레이더 등 다양한 센서에서 생성되는 데이터가 폭증하고, 이를 실시간으로 처리해야 하는 연산 요구가 급격히 증가하면서 기존 구조는 한계에 직면했다. 데이터 병목,



유니트론텍 연구진이 개별 ECU들이 하던 연산을 한곳에서 통합 처리하는 ‘중앙집중형 자율주행 컴퓨팅 플랫폼’을 검증하고 있다.

지연^{Latency}, 시스템 복잡도 증가 등은 자율주행 성능을 저해하는 주요 요인으로 작용했다. 특히 여러 ECU 간 데이터 전달 과정에서 발생하는 지연과 불일치는 판단 정확도에도 영향을 미칠 수 있어, 좀 더 근본적인 구조 변화가 필요해졌다.

이러한 문제를 해결하기 위해 등장한 것이 바로 ‘중앙집중형^{Centralized} 아키텍처’다. 차량 내 연산 자원을 하나의 중앙 컴퓨팅 플랫폼으로 통합하고, 모든 데이터를 집중적으로 처리하는 구조다. 이를 통해 데이터 흐름을 단순화하고, 연산 효율과 시스템 응답성을 동시에 개선할 수 있다. 또한 시스템 전체를 하나의 관점에서 관리할 수 있어 유지보수와 기능 확장 측면에서도 유리한 구조를 갖는다.

이제 자동차는 단순한 기계가 아니라 고성능 컴퓨팅 시스템으로 진화하고 있다. 자율주행 시대의 핵심 경쟁력은 ‘얼마나 빠르고 정확하게 판단할 수 있는가’에 달렸으며, 이는 곧 차량 내부 아키텍처의 변화와 직결된다. 이러한 변화는 향후 차량 개발 방식 자체를 바꾸는 중요한 전환점이 될 것으로 보인다.

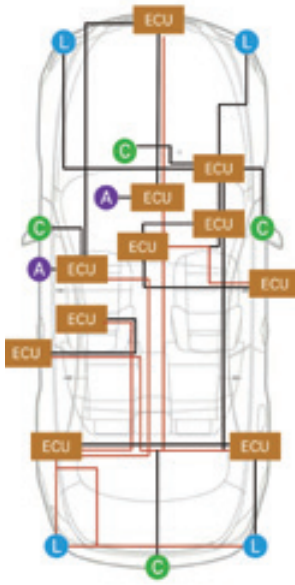
분산에서 집중으로, 구조가 성능을 만든다

분산형 아키텍처는 각 기능이 독립적으로 동작한다는 장점이 있지만, 자율주행 환경에서는 오히려 비효율을 초래한다. 센서 데이터가 여러 ECU를 거치면서 전달되기 때문에 지연이 발생하고, 시스템 간 통신 구조가 복잡해지며, 와이어링 하니스^{Wiring Harness} 증가로 비용과 무게까지 늘어난다. 이러한 구조는 차량 설계의 복잡도를 높일 뿐 아니라, 시스템 통합 과정에서도 다양한 문제가 발생할 수 있다.

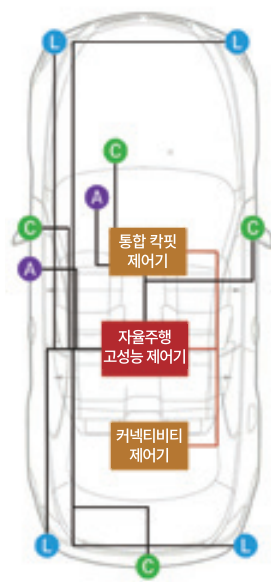
중앙집중형 아키텍처는 이러한 구조적 한계를 근본적으로 개선한다. 센서 데이터를 중앙에서 직접 처리함으로써 지연을 최소화하고, 연산 자원을 효율적으로 분배할 수 있다. 또한 하나의 플랫폼에서 기능을 통합적으로 관리함으로써 시스템 복잡도를 크게 줄일 수 있다. 결과적으로 동일한 하드웨어 자원으로도 더 높은 성능을 구현할 수 있는 기반이 마련된다.

특히 OTA^{Over-the-Air} 기반 업데이트를 통해 차량 기능을 지속적으로 개선할 수 있다는 점도 중요한 변화다. 기존 차량이 하드웨어 중심의 고정된 구조였다면, 중앙집중형 플랫폼은

자동차 EE 아키텍처(2020년)



자동차 EE 아키텍처(2025년)



수많은 ECU 사이의 데이터 간섭과 지연이 발생하던 기존 구조 (왼쪽)를 탈피해, 모든 정보를 한곳에서 집중 연산하는 통합 제어시스템 (오른쪽)으로 재편했다. 이 플랫폼은 Lv.4 자율주행에 필요한 방대한 센서 데이터를 지연 없이 처리할 수 있는 ‘중앙집중형 두뇌’ 역할을 수행한다.

소프트웨어 중심의 유연한 구조로 전환이 가능하다. 이는 차량 출고 이후에도 지속적으로 성능이 향상되는 ‘업그레이드 가능한 제품’으로 변화함을 의미한다.

이러한 변화는 자동차를 ‘소프트웨어 정의의 차량^{SDV, Software Defined Vehicle}’으로 전환하는 핵심 기반이 된다. 차량의 성능과 기능이 출고 이후에도 계속 진화할 수 있는 구조가 만들어지는 것이다. 동시에 제조사 입장에서는 새로운 서비스와 수익 모델을 창출할 수 있는 기반이 되며, 자동차 산업의 가치 구조 자체를 변화시키는 요소로 작용할 것으로 기대된다.

자율주행을 넘어 모빌리티 산업의 재편으로

중앙집중형 컴퓨팅 플랫폼은 단순한 기술 변화에 그치지 않고, 모빌리티 산업 전반의 구조를 바꾸는 기반이 된다. 차량 내부 구조가 단순화되고 소프트웨어 중심으로 재편되면서 새로운 서비스 모델이 가능해진다. 특히 차량이 하나의 플랫폼으로 기능하면서 다양한 애플리케이션과 서비스가 결합할 수 있는 환경이 조성된다.

대표적으로 로보택시, 자율 배송, 무인 대중교통 등 다양한 자율주행 기반 서비스의 상용화가 가속화될 것으로 기대된다. 또한 공항-물류센터-스마트시티 등 특정 환경에서의 자율주행 적용도 빠르게 확산될 전망이다. 이러한 변화는 단순한 이동 수단을 넘어, 모빌리티를 하나의 서비스 산업으로 확장하는 계기가 된다.

이러한 변화의 중심에는 ‘고성능 컴퓨팅 플랫폼’이 있다. 차량이 스스로 인지하고 판단하며 제어하는 모든 과정은 결국 데이터 처리와 연산 능력에 의해 결정되기 때문이다. 특히 다양한 센서 데이터를 통합적으로 처리하고, 실시간으로 판단할 수 있는 구조가 자율주행 성능을 좌우하는 핵심 요소로 작용한다.

앞으로 자율주행 기술은 단순한 주행 보조를 넘어 하나의 독립적인 지능 시스템으로 발전할 것이다. 그리고 그 핵심에는 중앙집중형 아키텍처 기반의 컴퓨팅 플랫폼이 자리 잡게 될 것이다. 이는 자동차 산업뿐 아니라 도시 인프라, 물류, 서비스 산업에까지 영향을 미치는 광범위한 변화로 이어질 가능성이 크다.



유니트론텍의 중앙집중형 자율주행 컴퓨팅 플랫폼^{ADCM}을 탑재한 실증 차량.

(주)유니트론텍은?

유니트론텍은 1996년 설립된 반도체 및 디스플레이 전문 기업으로, 글로벌 벤더와의 파트너십을 기반으로 다양한 전자부품을 국내외 고객사에 공급하고 있다. 메모리, MCU, 아날로그 반도체와 디스플레이 패널 유통을 중심으로 성장해왔으며, 최근에는 자동차 전장화와 자율주행 기술 확산에 맞춰 사업 영역을 확대하고 있다. 특히 차량용 AI 컴퓨팅 플랫폼 설계 및 시스템 통합 역량을 바탕으로, 자율주행 시대에 대응하는 ‘모빌리티 솔루션 기업’으로의 전환을 추진 중이다.



Q1. 현재 이 기술은 실제 적용까지 어느 정도 단계에 와 있나요?

현재 해당 플랫폼은 핵심기술과 시스템 구조가 확보된 상태이며, 실제 차량 적용을 목표로 한 검증 단계까지 진행되고 있습니다. 일부 요소 기술은 상용화에 근접한 수준이며, 향후 양산 적용을 위한 안정성 확보와 최적화가 중요한 과제로 남아 있습니다. 특히 다양한 주행 환경에서의 신뢰성 검증과 장기 운용을 고려한 시스템 안정성 확보가 상용화의 핵심 기준이 될 것으로 보고 있습니다.

Q2. 이 플랫폼의 성능을 좌우하는 핵심은 무엇이라고 보시나요?

고성능 연산 처리 능력과 기능 안전성, 그리고 안정적인 데이터 처리 구조가 핵심입니다. 특히 AI 가속기 기반의 연산 최적화와 ISO 26262 기준을 만족시키는 안전 설계, 센서 데이터의 실시간 처리 구조가 동시에 확보되어야 합니다. 이 세 가지 요소가 균형을 이루지 못하면 자율주행 시스템 전체의 신뢰성과 성능이 크게 저하될 수 있습니다.

“
이 프로젝트의 핵심은
수많은 데이터를 한곳에서
지연 없이 처리하는 ‘통합
기술’에 있습니다.
”

Q3. 개발 과정에서 가장 난도 높았던 부분은 무엇이었나요?

대규모 센서 데이터를 실시간으로 처리하면서도 시스템 안정성을 유지하는 것이 가장 큰 과제였습니다. 이를 위해 병렬 처리 구조 설계와 데이터 경로 최적화, 발열 및 전력 관리까지 복합적으로 고려한 설계가 필요했습니다. 특히 제한된 차량 환경 내에서 성능과 효율을 동시에 만족시키는 균형 설계가 중요한 도전 과제였습니다.

Q4. 글로벌 자율주행 플랫폼과 비교할 때 차별화되는 지점은 무엇인가요?

글로벌 기업들이 특정 SoC 기반의 폐쇄형 플랫폼을 중심으로 생태계를 구축하는 반면, 당사는 다양한 반도체를 유연하게 조합할 수 있는 개방형 구조를 채택하고 있습니다. 이를 통해 고객 맞춤형 설계와 빠른 기술 대응이 가능하다는 것이 강점입니다. 또한 특정 벤더에 종속되지 않는 구조로 기술 변화에 유연하게 대응할 수 있다는 점도 중요한 경쟁력입니다.

Q5. 앞으로 자율주행 기술 발전 속에서 이 플랫폼은 어떤 방향으로 진화할까요?

이 플랫폼은 자율주행 시스템의 ‘두뇌’ 역할을 수행하며, 센서 데이터를 통합해 인지-판단-제어를 실시간으로 수행하는 핵심 구조입니다. 향후에는 단순 연산을 넘어 AI 기반 판단 기능을 강화한 지능형 시스템으로 발전하며, 소프트웨어 정의 차량과 자율 모빌리티 구현의 핵심 기반이 될 것으로 보고 있습니다. 또한 차량 내 다양한 기능을 통합적으로 제어하는 중심 플랫폼으로 역할이 확대될 것으로 예상됩니다.

로켓은 공기를 밀고 나가지 않는다

우주를 향해 거침없이 솟구치는 로켓. 로켓은 영하 250°C의 극저온과 3000°C의 극고온을 동시에 견뎌내는 극한 공학의 결정체다. 로켓 추진의 숨은 원리부터 우주 시대를 앞당긴 재사용 로켓 기술까지 흥미로운 우주과학의 세계를 파헤쳐 본다.

글 박재용 작가



많은 사람이 비행기가 날개로 공기를 밀듯 로켓도 ‘공기를 밀며’ 난다고 여긴다. 하지만 오해다. 로켓의 원리는 뉴턴의 작용-반작용 법칙이다. 뒤로 물질을 강하게 밀어내며 그 반작용으로 앞으로 나아간다.

왜 연료를 그냥 뿌리지 않고 태울까?

그렇다면 연료를 그냥 뒤로 뿌려도 되지 않을까? 왜 굳이 태워서 가스로 만들까? 당연히 가능하지만, 엄청 비효율적이다. 핵심은 속도다. 추진력(추력)은 ‘질량 × 속도’로 결정된다. 빠르게 내놓을수록 추력이 강하다.

액체 연료를 그냥 뿌리면? 초속 수십 미터 정도로 나간다. 하지만 연료를 태워 고압가스로 만들면 초속 3~4km로 분출된다. 100배 이상 빠르다. 그래서 로켓은 연료를 폭발적으로 연소시켜 최대한 빠른 속도로 가스를 뒤로 내보낸다. 그리고 뜨거울수록 분자가 빠르게 움직인다. 연소실 온도가 3000°C나 되는 이유다.

고체 로켓 vs 액체 로켓

로켓 연료는 고체와 액체 두 가지다. 고체 연료 로켓은 단순하다. 폭죽과 같다. 구조가 간단하고 고장이 적어 군사용 미사일이나 보조 부스터로 많이 쓴다. 하지만 치명적인 단점이 있다. 한 번 점화하면 끌 수 없다. 추력 조절도 안 된다. 마치



2025년 11월 27일 대한민국 독자 기술로 개발한 발사체 ‘누리호’가 거대한 화염을 내뿜으며 4차 발사에 성공했다.

고체 연료 로켓 vs 액체 연료 로켓

구분	고체 연료 로켓	액체 연료 로켓
핵심 원리	연료와 산화제를 반죽해 연소실에 직접 채워 넣음.	연료와 산화제를 분리 보관 후 펌프로 주입하여 연소.
구조 및 부품	단순함. 연소실이 곧 연료 창고 역할.	복잡함. 터보펌프, 제어밸브 등 수천 개의 부품 필요.
제어 성능	조절 불가. 한 번 점화하면 끄거나 힘을 바꿀 수 없음.	자유로움. 추력 조절, 엔진 정지 및 재점화 가능.
장점	낮은 비용, 짧은 개발기간, 장기 보관 및 즉시 발사 용이.	높은 효율, 정밀한 궤도 투입 및 착륙, 재사용 가능.
주요 용도	군사용 미사일, 우주 로켓의 보조 부스터.	우주 탐사선, 대형 인공위성 발사체(누리호 등).
현황	2020년 미사일 지침 개정으로 우주 발사체에 대한 고체 연료 사용 제한 해제 및 개발 가속화.	누리호 등을 통해 독자 기술 확보 완료.

폭죽처럼 불이 붙으면 끝까지 최대 출력으로만 돌아간다.
속도를 줄이거나 방향을 바꾸거나 착륙하는 일은 불가능하다.

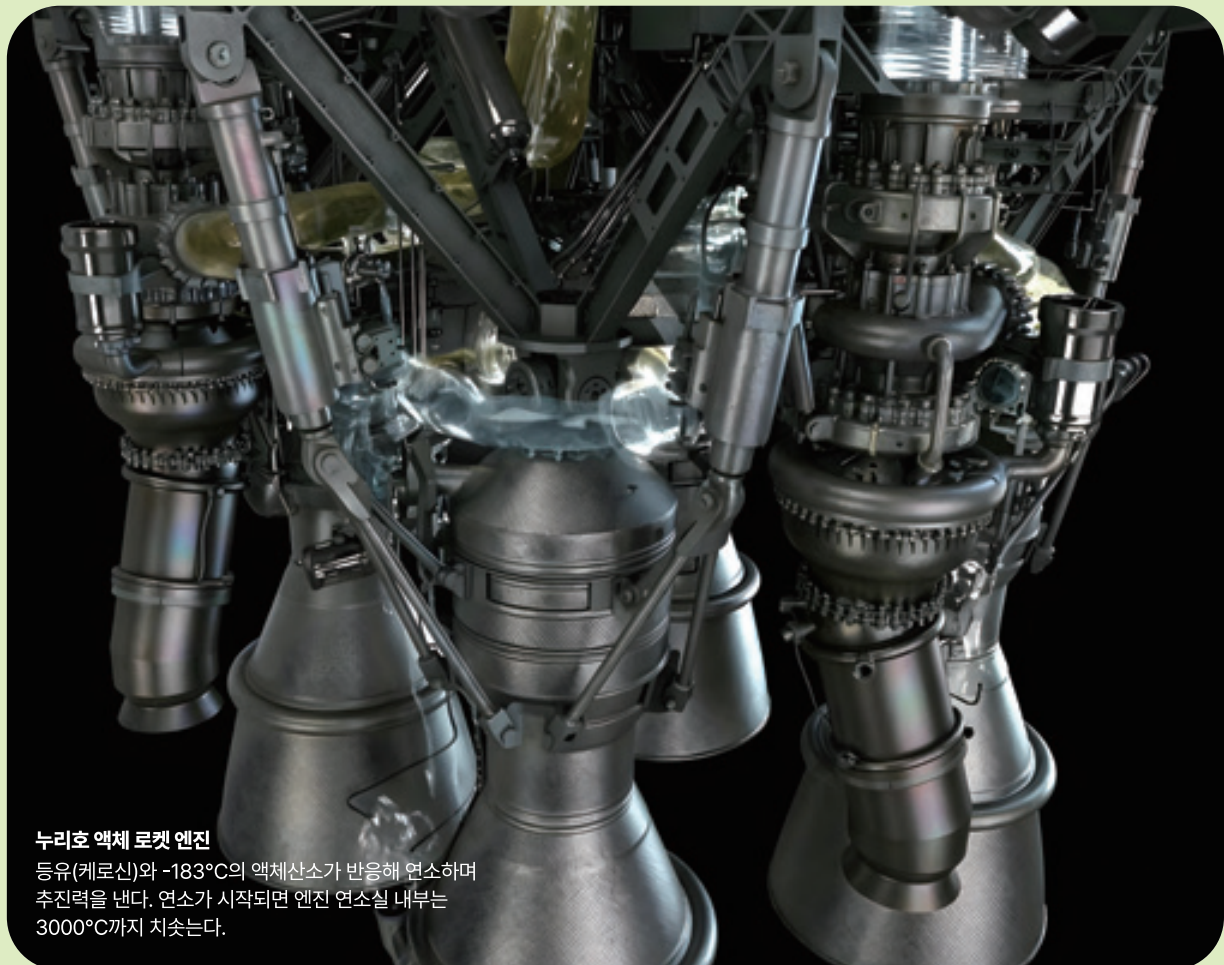
반면 액체 연료 로켓은 연료탱크, 펌프, 냉각시스템, 제어밸브 등 수많은 부품이 필요하고 복잡하다. 하지만 장점이 압도적이다. 추력 조절이 자유롭다. 연료 공급을 늘리거나 줄여 엔진 출력을 바꾼다. 끄고 다시 켤 수도 있다. 궤도를 바꾸거나 착륙할 때 필수적이다. 그리고 효율이 높다. 같은 양의 연료로 더 강한 추력을 낸다.

그래서 우주 탐사에는 액체 로켓이 필수다. 인공위성 궤도 진입, 달 착륙, 화성 탐사, 국제우주정거장 도킹. 이 모든 임무는 엔진을 켜고 끄고 조절할 수 있어야 한다. 스페이스엑스의 팰컨 9, 아폴로의 새턴 5호, 한국의 누리호 모두 액체 로켓이다.

극저온과 극고온이 만나는 곳

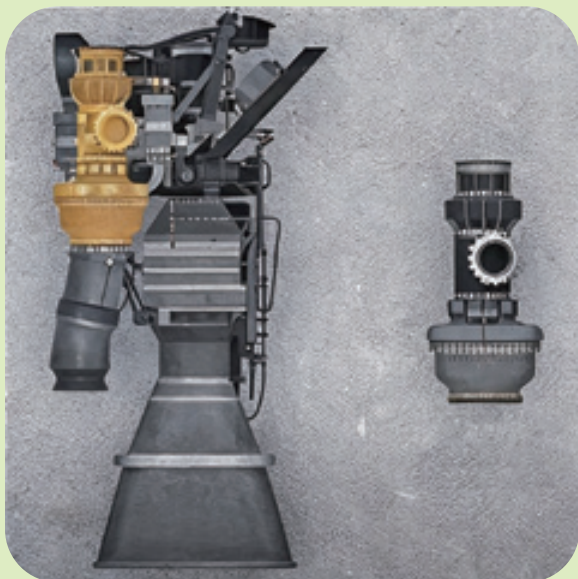
액체 로켓은 모순으로 가득하다. 연료탱크는 영하 183°C다. 액체산소가 담겨 있기 때문이다. 액체수소를 쓰는 로켓은 영하 253°C다. 극저온 세계다. 그 바로 옆 연소실은 3000°C의 불꽃이 타오른다.

어떻게 이게 가능할까? 비밀은 재생 냉각시스템이다. 뜨거운 연소실 벽면에 수백 개의 가느다란 통로를 만들어 극저온 연료를 흘린다. 얼음장 같은 연료가 벽을 식히고, 동시에 연료는 예열된다. 로켓은 극저온 연료로 극고온 엔진을 식힌다. 그럼에도 엔진 벽면은 여전히 뜨겁다. 그래서 특수 합금을 쓴다. 니켈 합금이나 세라믹 코팅으로 열을 견딘다. 그래도 한 번 발사하고 나면 엔진 내부가 녹아서 변형되기도 한다.



누리호 액체 로켓 엔진

등유(케로신)와 -183°C의 액체산소가 반응해 연소하며 추진력을 낸다. 연소가 시작되면 엔진 연소실 내부는 3000°C까지 치솟는다.



대한민국 독자 기술로 개발한 누리호 75톤급 액체 엔진. 엔진 상단의 색깔로 강조한 부품은 엔진의 핵심인 '터보펌프'로, 연료를 고압으로 주입하여 강력한 추력을 만들어낸다.

심장부, 터보펌프

더 큰 도전은 연료를 밀어 넣는 힘이다. 연소실 압력은 200~300기압. 연료가 폭발적으로 타오르려면 이런 압력으로 초당 수백 리터의 연료를 밀어 넣어야 한다. 그래서 터보펌프가 필요하다. 분당 3만~5만 번 회전하며 극저온 액체를 퍼 올려 고압으로 밀어낸다.

전기모터로는 불가능하다. 터보펌프 자체가 작은 엔진처럼 작동한다. 일부 연료를 먼저 태워서 나온 가스로 터빈을 돌린다. 그 터빈이 펌프를 돌리고, 펌프는 연료를 고압으로 밀어낸다. 여기도 극한 환경이다. 펌프는 영하 수백 °C의 연료를 다루는데, 바로 옆 터빈은 수백 °C의 뜨거운 가스로 돌아간다. 한 기계 안에서 또다시 극저온과 극고온이 만난다.

터보펌프가 고장 나면 로켓은 곧바로 폭발한다. 연소가 불안정해지고, 수천 °C의 화염에 엔진이 녹는다. 실제로 많은 로켓이 개발 과정에서 터보펌프 문제로 수십 번의 폭발을 겪는다.

재사용 로켓, 액체 로켓이라고 다 되는 건 아니다

이런 수백억 원의 로켓을 예전에는 한 번 쓰고 버렸다. 하지만

스페이스엑스가 이 상식을 깼다. 이제 재사용한다. 액체 로켓이라고 다 가능한 건 아니다. 몇 가지 필수 기술이 더 요구된다.

첫째, 엔진 재점화 기술. 한 번 꺼진 엔진을 다시 켤 수 있어야 한다. 극저온 연료가 탱크에서 터보펌프로, 연소실로 다시 흐르고, 불꽃이 다시 타올라야 한다. 한 번도 쉽지 않지만, 여러 번 켜고 끄기는 훨씬 더 어렵다.

둘째, 추력 제어. 노즐의 방향을 미세하게 조절해 로켓이 기울지 않게 균형을 잡는다. 착륙할 때는 초정밀 제어가 필요하다. 수백 톤짜리 로켓이 시속 수천 km로 떨어지다가 정확히 착륙 지점에 수직으로 내려앉아야 한다. 노즐이 아주 조금만 틀어져도 로켓은 쓰러진다.

셋째, 내열성 소재와 반복 사용 설계다. 일반 로켓 엔진은 한 번 쓰면 내부가 녹아 변형된다. 재사용 로켓은 수십 번 발사해도 견딜 수 있다. 더 강한 합금, 더 효율적 냉각, 더 정밀한 제작이 필요하다.

넷째, 정밀 제어시스템이다. 센서로 로켓의 위치·속도·자세를 실시간 측정하고, 컴퓨터가 수천 번 계산해 엔진 출력과 노즐 방향을 조절한다. 초당 수십 번 판단을 내린다.

이 모든 기술이 한 치의 오차도 없이 작동해야 한다. 하나라도 실패하면 로켓은 폭발한다. 그래서 너무나 어렵고 수십·수백 번의 실패가 있다. 그래도 재사용 로켓은 발사 비용을 10분의 1 이하로 낮춘다. 우리나라도 재사용 로켓 개발에 들어갔다. 그 길 끝에 우리의 우주가 있다.



박재용 작가

과학과 일상의 연결, 과학과 사회, 과학과 미래 환경에 관해 책을 쓰고 말하는 과학 저술가이자 커뮤니케이터다. EBS 다큐프라임 <생명, 40억 년의 비밀> 시리즈의 '멸종', '짜짓기', '경계' 등을 집필했다.

우리가 일상에서 무심코 경험하는 현상들 뒤에는 신기한 과학 원리가 숨어 있습니다. 똑소리단 여러분이 보내주시는 질문 속 흥미로운 과학의 세계로 여러분을 초대합니다.

글 과학 커뮤니케이터 이종원 교수

과학은 즐겁게, 세상은 새롭게

똑소리 나는 일상 속 과학 이야기



Q. 노트북 어댑터 선에 달린 원형 모양의 붉은 뭉치는 장식일까? 아니면 어떤 기능이 있는 걸까?

노트북 충전기 케이블을 잘 살펴보면, 플러그 가까이에 원통형 덩어리가 붙어 있는 걸 볼 수 있습니다. 디자인 요소처럼 보이기도 하지만, 이 부품에는 아주 중요한 역할이 있습니다. 이름은 ‘페라이트 코어^{Ferrite Core}’로, 전자기기에서 발생하는 고주파 잡음, 즉 전자기 간섭을 억제하는 일종의 필터입니다. 원리는 이렇습니다. 전원 어댑터는 교류를 직류로 변환하는 과정에서 불가피하게 고주파 노이즈를 만들어냅니다. 이 노이즈가 긴 케이블을 타고 흐르면, 케이블 자체가 안테나처럼 작동해서 주변에 전자기파를 방출하게 됩니다. 페라이트 코어는 산화철에 니켈·아연·망간 등을 혼합해 만든 세라믹 소재로, 이런

고주파 잡음 신호가 통과할 때 그 에너지를 열로 바꿔 흡수해버립니다. 마치 소음 가득한 복도에 방음재를 설치하는 것과 비슷한 셈이죠. 만약 이 부품이 없다면 어떻게 될까요? 노트북 화면에 미세한 줄무늬가 나타나거나, 가까이 둔 라디오나 스피커에서 ‘지직직’ 하는 잡음이 들릴 수 있습니다. 작고 투박해 보여도, 전자기기들이 서로 방해 없이 조용히 공존하게 해주는 숨은 일꾼인 셈입니다.

Q. 블루투스 이어폰은 왜 사람 많은 역 한복판에서 유독 뚝뚝 끊길까?

출퇴근 시간 지하철 환승역에서 블루투스 이어폰이 자꾸 끊기는 경험, 한 번쯤 해보셨을 겁니다. 이 현상의 핵심 원인은 ‘주파수 혼잡’에 있습니다. 블루투스는 2.4GHz 대역의 전파를

사용합니다. 문제는 이 주파수 대역이 블루투스만의 전용 도로가 아니라는 점입니다. 와이파이, 무선 마우스, 심지어 전자레인지까지 모두 같은 2.4GHz 대역을 함께 씁니다. 평소에는 블루투스가 ‘주파수 도약^{Frequency Hopping}’이라는 기술로 이 혼잡을 잘 피해 다닙니다. 초당 1600번이나 채널을 바꿔가며 빈틈을 찾아 데이터를 전송하는 방식이죠. 하지만 러시아워 역 구내에는 수백~수천 대의 스마트폰과 이어폰, 스마트워치가 동시에 2.4GHz 대역에서 신호를 주고받습니다. 아무리 재빨리 채널을 바꿔도, 빈 채널 자체가 부족한 상황이 벌어지는 것입니다. 교통체증이 심한 도로에서 차선을 아무리 바꿔도 소용없는 것과 같은 이치입니다. 여기에 한 가지 요인이 더해집니다. 사람의 몸은 약 60%가 수분인데, 수분이 풍부한 인체 조직은 2.4GHz 대역의 전파가 통과할

때 신호를 크게 감쇠시키는 성질이 있습니다. 밀집한 인파 사이에서는 사람들의 몸 자체가 전파를 가로막는 장벽이 되어, 스마트폰과 이어폰 사이의 신호가 약해집니다. 이어폰 입장에서는 사방에 뒤섞인 신호 속에서 원래 신호를 골라내야 하는 셈이니 끊김이 잦아질 수밖에 없습니다.

Q. 주차장에서 내 차를 찾을 때 스마트키를 머리에 대면 더 멀리서도 문이 열리는 느낌인데, 과학적으로 맞는 걸까?

놀랍게도 이것은 기본 탓이 아니라 실제로 효과가 있는 것으로 확인됩니다. 영국의 자동차 프로그램 <톱 기어>에서 실험으로 검증한 바 있고, 미국 <뉴욕타임스>에서도 실리콘밸리의 전파 엔지니어 인터뷰를 통해 원리를 소개한 적이 있습니다. 두개골 내부에는 수분이 풍부한 뇌와 체액이 들어 있습니다. 스마트키를 턱 아래나 관자놀이 부근에 갖다 대면, 수분이 풍부한 두개골 내부가 일종의 ‘유전체 공진기’^{Dielectric}

Resonator² 역할을 하게 됩니다. 스마트키의 미약한 전파가 머리 내부의 수분과 상호작용하면서 신호의 방사 패턴이 바뀌고, 특정 방향으로 더 강한 신호가 전달되는 효과가 생기는 것이죠. 쉽게 말해 사방으로 고르게 퍼지던 전파가 머리를 거치면서 차량 쪽으로 좀 더 집중되는 셈입니다. 다만 효과의 정도는 키의 주파수, 머리 크기, 주변 환경에 따라 달라질 수 있어서 항상 극적인 차이가 나는 것은 아닙니다. 그래도 넓은 주차장에서 차를 찾을 때 한 번쯤 시도해볼 만한, 일상 속 전파 실험이 되겠습니다.

Q. 왜 대형마트의 에스컬레이터 손잡이 (핸드레일)는 발판보다 미세하게 더 빨리 움직일까?

에스컬레이터를 탈 때 손잡이가 발판보다 살짝 앞서 나가는 느낌, 예민한 분이라면 분명 느꼈을 겁니다. 실제로 에스컬레이터의 핸드레일은 발판(스텝)보다 약간 빠르게 움직이도록 설계되어 있으며, 그 차이는 대체로 0~2%

정도입니다. 이것은 고장이 아니라 의도된 설계입니다. 가장 큰 이유는 기계적 마모에 대한 대비입니다. 에스컬레이터의 발판은 금속 기어와 체인으로 구동돼 속도가 매우 안정적인 반면, 핸드레일은 고무 마찰 휠로 구동됩니다. 이 고무 휠은 사용할수록 마모돼 지름이 줄어들고, 그만큼 핸드레일 속도가 느려집니다. 처음부터 발판과 똑같은 속도로 맞춰놓으면, 시간이 지나면서 핸드레일이 발판보다 느려지는 위험한 상황이 생깁니다. 이를 방지하기 위해 처음부터 약 2% 빠르게 설정해두는 것입니다. 여기에 안전 측면의 이점도 있습니다. 만약 핸드레일이 발판보다 느리게 움직인다고 상상해봅시다. 발은 앞으로 가는데 손잡이를 잡은 상체는 뒤로 끌리겠죠. 이렇게 되면 탑승자가 뒤로 기울어지면서 넘어질 위험이 생깁니다. 반대로 핸드레일이 아주 살짝 빠르면, 상체가 자연스럽게 앞으로 미세하게 기울어집니다. 앞으로 기울는 자세는 발판 위에서 중심을 잡기에 훨씬 안정적이고, 설사 균형을 잃더라도 앞으로 한 발 내딛는 것이 뒤로 넘어지는 것보다 훨씬 안전합니다. 결국 에스컬레이터 설계자들이 재료 특성과 인체 역학을 함께 고려해 놓어둔, 탑승자를 지키는 조용한 안전장치인 셈이죠.



과학 커뮤니케이터 이종원 교수

계명대학교 건축학과 교수로 재직 중이며, 건축 및 도시를 전공한 연구자이자 과학 커뮤니케이터로도 활동하고 있다. 공공기관 및 정부 출연 연구원 등 다양한 분야에서의 특별한 경험을 바탕으로, 과학과 건축 이야기를 쉽고 재미있게 대중에게 전달한다. 현재 방송, 강연, 기고 등을 통해 과학 지식 대중화에 기여하고 있다.

R&D 사전

#E/E 아키텍처 Electrical/Electronic Architecture

자동차 E/E 아키텍처는 차량 내 수많은 전자제어장치^{ECU}와 센서, 액추에이터들을 연결하고 기능을 배분하는 시스템 설계구조를 말한다.



과거에는 각 기능별로 독립된 제어를 두는 ‘분산형^{Distributed}’ 구조가 주류였으나, 자율주행과 커넥티드 서비스가 고도화됨에 따라 소프트웨어가 중심이 되는 ‘중앙집중형^{Centralized}’ 구조로 급격히 진화하고 있다.

적용 사례

#현대차그룹·딥엑스, ‘피지컬 AI 컴퓨팅 플랫폼’ 공동 개발

4월 21일 AI 반도체 기업 딥엑스는 현대자동차 그룹 로보틱스랩과 함께 로봇 내부에서 대규모 생성형 AI 모델을 실시간으로 구동하는 ‘AI 컴퓨팅 아키텍처’ 구축에 나선다고 밝혔다. 양사는 로봇이 시각 정보를 인식하고 언어를 이해해 스스로 행동을 결정하는 기술을 기기 자체에서 구동하는 ‘온디바이스화’를 추진한다.



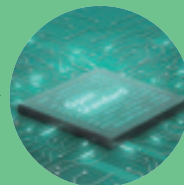
#폭스바겐·샤오핑, 중국 시장 겨냥한 차세대 E/E 아키텍처 공동 개발

글로벌 완성차 기업 폭스바겐은 2024년 7월부터 중국 전기차 기업 샤오핑과 손잡고 E/E 아키텍처를 공동 개발하고 있다. 이는 자율주행과 커넥티비티 기능이 복잡해짐에 따라 발생하는 비용과 개발시간을 절감하기 위해 글로벌 기업들이 전략적 동맹을 맺는 대표적인 사례로 꼽힌다.



#인피니언, 업계 최초 ‘RISC-V’ 기반 차량용 MCU 로드맵 공개

4월 20일 글로벌 반도체 기업 인피니언은 SDV 전환기에 대응하기 위해 오픈 표준설계 자산^{IP}인 ‘RISC-V’를 적용한 마이크로컨트롤러^{MCU} 로드맵을 선보였다. 이는 특정 기업의 독점적 아키텍처에서 벗어나 완성차 업체가 자사 소프트웨어 알고리즘에 최적화된 맞춤형 칩을 설계할 수 있는 자율성을 부여한다.



유사 개념

#전자제어장치 ECU, Electronic Control Unit

차량의 엔진, 변속기, 브레이크 등 특정 기능을 개별적으로 제어하는 소형 컴퓨터다. 일반 자동차에는 보통 70~100개 정도의 ECU가 탑재돼 있다.

#소프트웨어 중심 자동차 SDV, Software Defined Vehicle

하드웨어가 아닌 소프트웨어가 차량의 성능과 가치를 결정하는 자동차를 말한다. 스마트폰처럼 소프트웨어 업데이트만으로 차량 기능을 개선하고, 새로운 서비스를 추가할 수 있다.

#차량용 이더넷 Automotive Ethernet

차량 내 제어기들 사이에서 대용량 데이터를 초고속으로 전송하기 위한 통신 기술이다. 중앙집중형 아키텍처의 신경망 역할을 한다.

심화 개념

#마이크로컨트롤러 MCU, Micro Controller Unit

프로세서와 메모리 등을 하나의 칩에 통합해 특정 기능을 정밀하게 제어하는 장치다. 자율주행 플랫폼에서는 메인 연산장치를 보조하여 차량의 가속속 및 조향을 직접 실행한다.

#서비스 지향 아키텍처 SOA, Service-Oriented Architecture

차량의 기능을 개별 ‘서비스’ 단위로 모듈화하여 독립적으로 개발하고 실행하는 소프트웨어 설계 방식이다. 이를 통해 서로 다른 기능 간의 간섭을 줄이고 새로운 기능을 신속하게 추가할 수 있다.

#차량용 애플리케이션 프로세서 AP, Application Processor

자율주행의 핵심인 인공지능^{AI} 연산과 고해상도 그래픽 처리 등 복잡한 알고리즘을 실행하는 초고성능 반도체다. 컴퓨터의 CPU처럼 차량의 두뇌 역할을 담당한다.

첨단기술 경쟁의 시대, 활용과 보호를 잇는 산업 전략

국내1

산업 현장으로 확장되는 양자 기술, “수요 기반 발굴이 핵심”



양자 기술은 이제 연구실에만 머무르지 않고, 산업 현장에서의 실질적 활용 단계로 진입하고 있다. 산업통상부는 4월 1일 서울 포시즌스 호텔에서 ‘2026년 제1차 K-양자산업연합 포럼’을 개최하고, 산업별 양자 기술 활용 가능성과 정책 과제를 논의했다. 이번 포럼에는 국내 양자 기술 수요 기업과 관련 기관 등 100여 명이 참석해 산업 현장의 실제 문제를 중심으로 양자 기술 적용 방안을 모색했다. 특히 양자 기술을 ‘어디에 쓸 것인가’에 대한 구체적인 수요 발굴을 핵심 의제로 다뤘다는 점에서 의미가 크다. 최근 글로벌 기술 기업들은 2029년 전후를 기점으로 양자 기술의 본격적인 상용화를 준비하고 있다. 이에 따라 우리 역시 산업별 수요를 선제적으로 확보하고, 이를 기반으로 기술 적용 사례를 축적하는 전략이 필요하다는 공감대가 형성되고 있다.



2025년 11월 진행된 ‘K-양자산업연합 출범식’에서 문석학 산업통상부 차관이 인사말을 전하고 있다. 정부는 연구실에 머물던 양자 기술을 철강·배터리·화학 등 산업 전반의 실제 문제 해결에 투입하기 위해 수요 기업과의 밀착 협력을 적극 추진 중이다.

산업 난제 해결의 열쇠, 양자 기술의 두 축

포럼에서는 양자 기술의 산업 활용을 크게 두 가지 유형으로 나눠 제시했다. 하나는 복잡한 물류·생산 공정에서 최적의 경로를 찾아내는 ‘조합 최적화’ 분야이며, 다른 하나는 신소재 개발을 위한 ‘분자·물성 시뮬레이션’이다. 이러한 기술은 기존 컴퓨팅 방식으로 해결하기 어려웠던 산업 난제를 풀 수 있는 대안으로 주목받고 있다. 예를 들어 철강산업에서는 탄소 배출 없이 고강도·초경량 소재를 설계하는 데 양자 기술이 활용될 수 있으며, 배터리 분야에서는 고에너지 밀도와 긴 수명을 동시에 확보할 수 있는 소재 탐색이 가능하다. 또한 화학·방산·물류 등 다양한 산업에서도 활용 가능성이 제시되며, 양자 기술이 범용 산업기술로 확장될 수 있음을 보여주었다.

정부는 이러한 흐름에 맞춰 K-양자산업연합을 중심으로 산업별 수요 발굴을 지속적으로 추진할 계획이다. 발굴된 유망 과제는 실증사업과 후속 연구개발로 연계해 실제 산업 현장에서 활용 가능한 형태로 발전시키겠다는 구상이다. 단순한 기술 확보를 넘어 ‘현장 문제 해결형 기술’로 자리 잡도록 지원하겠다는 전략이다. 김성열 산업성장실장은 “양자 기술의 산업화는 기술 자체가 아니라, 산업 현장의 구체적인 문제 해결로 이어질 때 비로소 의미가 있다”며 “정부는 수요 발굴과 실증 기반을 마련함으로써 기업이 양자 기술을 실제로 활용할 수 있도록 지원하겠다”고 밝혔다. 이번 포럼은 양자 기술이 연구개발 중심 단계에서 산업 적용 단계로 넘어가는 전환점에서, ‘기술’이 아닌 ‘수요’ 중심의 접근이 중요하다는 점을 확인한 자리였다. 향후 양자 기술이 SI와 함께 산업 혁신의 핵심 인프라로 자리 잡을 수 있을지 주목된다.

기술 패권 시대 ‘보호’가 경쟁력, 현장 목소리로 정책 만든다



글로벌 기술 패권 경쟁이 격화되는 가운데, 국가 핵심기술을 어떻게 보호할 것인가가 산업 경쟁력의 핵심 이슈로 떠오르고 있다. 산업통상부는 4월 9일 기술 보호 정책을 현장 중심으로 재정비하기 위해 ‘기관별 릴레이 간담회’를 개최했다. 이번 간담회는 대기업부터 중소기업, 대학·연구기관까지 기술을 보유한 다양한 주체들을 직접 만나 의견을 수렴하는 방식으로 진행됐다. 산업부는 이를 통해 산업 현장의 실제 애로 사항을 반영한 ‘산업기술 보호 종합대책’을 수립한다는 계획이다. 현재 정부는 반도체·디스플레이 등 13개 분야 79개 기술을 국가 핵심기술로 지정해 관리하고 있다. 이들 기술은 해외에 유출될 경우 국가 안보와 경제에 중대한 영향을 미칠 수 있는 만큼 보호 체계의 정교화가 요구된다.

보호는 강화하고, 기업 부담은 낮춘다

특히 최근 산업 환경은 빠르게 변화하고 있다. AI 도입과 산업의 AX 전환, 글로벌 투자 확대 등으로 기술의 이동과



산업부는 글로벌 AX 전환 등 급변하는 산업 환경에 맞춰, 13개 분야 79개 국가 핵심기술에 대한 관리 체계를 현장 중심으로 재정비한다.

공유가 활발해지면서, 기존의 보호 체계만으로는 대응이 어렵다는 지적이 꾸준히 제기돼왔다. 이에 따라 기술 보호를 강화하는 동시에 기업 활동의 부담을 줄이는 ‘균형 잡힌 제도’ 마련이 중요한 과제로 떠오르고 있다.

정부가 우선 추진하는 과제 중 하나는 국가 핵심기술 수출 심사의 간소화다. 현재는 기술의 이전이나 매각 시 사전에 산업부의 승인을 받아야 하는데, 기술 유출 우려가 낮은 경우에도 동일한 절차가 적용되면서 기업 부담이 크다는 목소리가 있었다. 산업부는 간담회를 통해 수렴한 의견을 바탕으로, 위험성이 낮은 경우 절차를 간소화하는 방안을 상반기 내 마련할 계획이다. 또한 기술 보호 체계 전반에 대한 개선도 추진된다. 기업의 재정 및 인력 부담을 완화하면서도, 증가하는 기술 유출 위협에 대응할 수 있도록 보호 수준을 높이는 방향이다. 이를 위해 기술 보호 인센티브, 연구 현장 관리, 보안 위협 대응 등 다양한 정책 수단이 종합적으로 검토될 예정이다.

이번 릴레이 간담회는 4월부터 5월까지 총 4차례에 걸쳐 진행되며, 기업 규모와 특성에 따라 대기업, 중견기업, 중소기업, 대학·연구기관으로 나누어 맞춤형 논의가 이루어진다. 각 회차에서는 기술 수출 심사 간소화, AI 기반 산업 전환에 따른 보안 위협, 연구 현장 관리 문제 등 구체적인 이슈들을 집중적으로 다룰 예정이다. 김태우 무역안보정책관은 “국가 핵심기술 보호는 곧 산업 경쟁력과 직결되는 문제”라며 “현장 여건을 반영한 실효성 있는 정책을 통해 기업이 안전한 환경에서 혁신 활동을 이어갈 수 있도록 지원하겠다”고 강조했다. 이번 간담회는 기술 보호와 산업 활성화를 동시에 달성하기 위한 정책 전환의 신호탄으로 읽힌다. 기술이 곧 국가경쟁력인 시대, 현장의 목소리를 반영한 정교한 보호 전략이 향후 산업 판도를 좌우할 것으로 보인다.

중국, AI 제조 강국으로 산업 패러다임 전환 가속



중국이 제조업 경쟁력 강화를 위해 AI 전환을 국가 전략으로 본격 추진하고 있다. 최근 인공지능이 산업 전반의 핵심 인프라로 자리 잡으면서, 중국은 기존 제조 강국에서 ‘지능형 제조 강국’으로의 전환을 서두르는 모습이다.

중국 정부는 2026년 <‘AI + 제조업’ 특별 행동 실시 의견>을 발표하고, 제조업 전반의 AI 전환을 위한 구체적인 로드맵을 제시했다. 특히 2027년까지 제조업 전반에 적용 가능한 대형 모델 3~5개 개발, 산업용 AI 에이전트 1000개 출시, 산업별 데이터셋 100개 구축이라는 도전적인 수치를 목표로 내걸었다.

인프라·생태계·현장까지 전방위 AI 전환 전략

중국의 제조업 AI 정책은 인프라 구축, 응용 확산, 산업 생태계 조성, 국제협력이라는 네 축을 중심으로 전개된다. 특히 산업 전반에 적용 가능한 AI 모델 개발과 데이터셋 구축, 그리고 산업용 AI 에이전트 확산이 핵심 과제로 제시되고 있다. 먼저 AI 기술 공급 측면에서는 컴퓨팅 인프라와 반도체, 클라우드 등 핵심기술의 자립을 강화하고, 제조업 특화 AI 모델과 고품질 데이터 구축에 집중하고 있다. 특히 기업의 데이터 관리 역량을 높이기 위해 최고데이터책임자^{CEO} 제도를 신설하고 데이터 표준화에 박차를 가하고 있다.

현장 적용 측면에서도 변화가 뚜렷하다. 원자재, 장비 제조, 소비재, 전자정보, SW 및 IT 서비스 등 5대 중점 분야를 중심으로 설계부터 생산, 품질관리까지 전 과정에 AI를 도입하고 있으며, 디지털트윈과 실시간 데이터 분석을 통해 공정 최적화를 실현하고 있다. 또한 기업 생태계 조성을 위해 선도기업 육성, 중소기업 지원, 데이터 표준화, 보안 체계 구축 등을 실시하고 있으며, 특히 오픈소스 생태계와 국제표준 선점을 통해 글로벌 영향력을 확대하려는



중국은 2027년까지 산업용 AI 에이전트 1000개를 출시한다는 목표 아래, 실제 공정 라인에 로봇을 투입하여 단순 제조를 넘어선 ‘데이터 기반의 지능형 제조 플랫폼’으로의 전환을 가속화하고 있다.

전략도 병행하고 있다. 2025년에는 ‘AI 표준화 전문 행동’ 시행을 통해 40개 이상의 산업 핵심 표준을 발표하는 등 데이터 표준화 기반 마련에 집중한 바 있다. 이러한 정책은 제조업을 데이터 기반 산업으로 전환하고, AI를 중심으로 생산·서비스를 통합하는 새로운 비즈니스 모델을 구축하려는 것이다.

중국이 국가 차원의 지원과 산업 생태계 구축을 통해 AI 전환을 가속화하는 만큼, 한국 역시 제조업 AI 전환을 위한 정책적 지원과 함께 산업구조 전반의 대응 전략이 필요하다. 특히 단순 생산을 넘어 서비스와 결합된 비즈니스 모델 혁신, 데이터 기반 제조 시스템 구축이 중요 과제로 꼽힌다. 결국 중국의 제조업 AI 전환은 ‘기술 도입’이 아니라 ‘산업 패러다임 변화’에 가깝다. 향후 글로벌 제조 경쟁은 얼마나 빠르게 AI를 산업 전반에 적용하고, 이를 통해 새로운 가치 창출 구조를 만들어내느냐에 달려 있다.



상생과 친환경, K-외식의 새 표준을 세우다

글 구현화 환경 <ESG> 기자

건강한 지구를 위해 환경경영에 박차
미래 세대에 물려줄 건강한 지구를 위해
다이닝브랜드그룹은 기술혁신과 실천
중심의 환경경영에 박차를 가하고 있다.

2024년 5월 한국제지와 체결한 ESG
협약을 기점으로, BHC치킨 박스에는
업계 최초로 3개월 이내 생분해되는
친환경 필름 코팅 기술이 적용됐다. 이
기술은 식품 위생과 수분 차단이라는
본질에 충실하면서도 플라스틱 배출을
획기적으로 줄여, ‘2025 레드닷 디자인
어워드’ 본상과 ‘2025 굿디자인 어워드’

특허청장상을 석권하며 국내외
무대에서 그 가치를 입증했다.

또한 본사 오피스에서는
페이퍼리스^{Paperless} 보고 체계와 자동
소등 시스템을 도입해 ‘그린 오피스’
문화를 정착시켰다. 2025년 두
차례 진행된 임직원 물품 기부
캠페인은 총 3576점의 자원을
재순환시켜 약 528kg의 탄소 배출
저감 성과를 거뒀는데, 이는 수령
30년의 소나무 61그루를 심는 것과
맞먹는 수치다.

이에 더해 서울어린이대공원에 수분매개 식물을 심는 ‘Bee-meal’ 캠페인을 진행하며, 도시 생태계 보전과 생물다양성 증진이라는 새로운 사회적 과제 해결에도 적극적으로 나서고 있다.

소외계층 향한 나눔 활동 꾸준히... 프랜차이즈 생태계, 건강하게 일구다

지역사회와 소외계층을 향한 나눔 활동 역시 다이닝브랜드그룹이 추구하는 지속가능경영의 핵심축이다. 2017년부터 운영해온 대학생 봉사단은 2025년 ‘사람^s과 지구^{Earth}의 가치를 잇는다’는 의미를 담아 ‘다인어스’로 새롭게 출범했다.

‘다인어스’ 봉사단은 우리 사회의 새로운 복지 사각지대로 떠오른 영케어러(가족 돌봄 청소년) 아동을 위한 1대1 학습 및 정서 멘토링을

전개하며 이들의 든든한 버팀목이 되어주고 있다.

또한 초록우산 및 KBS <동행>과의 협력을 통해 매년 약 1억 원 규모의 재정적 지원과 치킨 상품권을 후원하고 있으며, 영케어러 가정을 대상으로 초청해 따뜻한 한 끼를 대접하는 ‘아름다운 식탁’ 프로그램을 통해 실질적이고 체계적인 사회적 책임 활동을 지속하고 있다. 다이닝브랜드그룹은 올해 새로운 사회 공헌 슬로건 ‘맛마미아(맛을 나누고, 마음을 잇고, 미래를 아름답게)’를 선포하고 본격적인 나눔 활동에 나섰다.

이 슬로건의 일환으로 지난해 9월에는 임직원이 직접 참여한 ‘밥퍼’ 봉사활동을 통해 취약계층에 내장탕과 육개장 각각 600인분을 전달하고 조리·배식·설거지 등 현장 봉사를 진행했다. 이어 11월에는 아동복지 시설을 찾아 ‘사랑의 김장 나눔’ 활동을 펼치며 김장김치 약 400포기를

담가 전달했다. 아울러 BHC치킨 상품권과 뿌링팝콘, 뿌링클나쇼 등 약 300만 원 상당의 물품도 함께 후원해 따뜻한 마음을 더했다.

이번 활동은 임직원이 현장에서 직접 땀 흘리며 지역사회와 소통하는 ‘사회 밀착형’ 사회 공헌이라는 점에서 큰 의미가 있다. 다이닝브랜드그룹은 앞으로도 지역사회에 실질적인 도움이 될 수 있는 다양한 상생 방안을 고민하고 지속적으로 실천해나갈 계획이다.

다이닝브랜드그룹 관계자는 “앞으로도 다이닝브랜드그룹은 ESG 경영을 기업의 핵심 가치로 삼아 가맹점·고객·지역사회가 함께 성장하는 건강한 프랜차이즈 생태계를 구축하고, 사회적 책임을 다하는 신뢰받는 기업으로서 최선을 다할 것”이라고 전했다.

서울어린이대공원에서 진행된 다이닝브랜드그룹의 ‘Bee-meal’ 캠페인 현장. 임직원들이 수분매개 식물을 심으며 생물다양성 보호를 위한 활동을 진행했다.





화제의 ESG 제품

삼성전자, 비스포크 시 패밀리허브 냉장고 출시...

에너지 효율 구현

삼성전자가 인공지능^{AI} 기반의 고도화된 식재료 관리 기능을 갖춘 2026년형 '비스포크 시 패밀리허브' 냉장고를 출시했다. 이 제품은 펠티어^{Peltier} 반도체 소자를 활용한 '하이브리드 쿨링' 기능으로 상황에 맞춰 최적의 냉각 성능과 에너지 효율을 구현한다. 하이브리드 쿨링 기능은 평소에는 컴프레서를 단독으로 운전해 냉각하고, 냉장고 온도가 올라가거나 강력한 냉각이 필요한 상황에서는 펠티어 반도체 소자를 함께 작동시켜 최적의 냉각 성능과 에너지 효율을 구현한다. 예를 들어 냉장고 문을 자주 여닫거나 정리를 위해 문을 오래 열어둘 때는 일반 냉장고 대비 냉장고 내 온도를 20% 더 빠르게 낮춘다. 냉장고가 늘 균일한 온도를 유지할 수 있도록 돕는 '하이브리드 정온 모드'로는 육류와 어류 등 다양한 식재료를 최적의 온도로 보관한다.





KCC글라스 홈씨씨, 친환경 자재 사용한 강마루 신제품 출시

KCC글라스의 인테리어 브랜드 홈씨씨가 스톤 디자인 강마루 신제품 '숲 강마루 스톤 스퀘어'를 출시했다. 이번 제품은 기존 스톤 디자인 강마루 '숲 강마루 스톤'에 대형 정사각 규격을 적용한 것이 특징이다. 가로와 세로 길이를 각각 597mm로 맞춰 1대1 비율로 설계했다. 시공 후 반복되는 느낌을 줄이고 시각적 안정감을 높일 수 있도록 했다. 내구성도 강화했다. 1등급 내수 합판을 적용해 일반 섬유판 강마루보다 온도와 습도 변화에 강하고, 표면에는 고강도 HPL 코팅을 적용해 내마모성과 내오염성을 높였다. KCC글라스는 이 제품에 친환경 자재 최고 등급^{SEO}의 합판을 사용했으며, 기후에너지환경부의 환경마크 인증을 받았다. 모서리에는 마이크로 베벨링 공법을 적용해 마감 완성도를 높였다.

이랜드리테일, 친환경 골판지 포장 상자 도입

이랜드리테일이 제품에 친환경 포장 상자를 도입하며 ESC(환경·사회·지배구조) 경영 실천을 강화한다. 이랜드리테일은 글로벌세아그룹 계열사 태림포장과 협업해 태양광 발전설비를 기반으로 생산된 친환경 골판지 상자를 유통과정에 도입했다. 해당 포장재는 자원 순환형 생산시스템을 기반으로 제조돼 원료 단계부터 생산·유통까지 환경영향을 최소화한 것이 특징이다. 포장 경량화 설계 또한 병행해 종이 사용량을 절감함으로써 탄소 배출 저감과 물류 효율 개선 효과도 동시에 기대된다. 이번에 도입된 포장 상자는 연간 약 130만 개 제작되며, 생산과정에서 20% 이상 태양광 친환경 에너지를 사용한다. 이를 통해 유통과정에서 발생하는 간접 탄소 배출을 줄이고 친환경 공급망 체계를 강화할 계획이다.





세계사는 처음부터 지금까지 철기시대였다

우주에서 가장 안정적인 핵을 가진 원소이자, 인류 문명을 석기시대에서 현대 도시로 끌어올린 단단한 주인공. 지구 중심부에서는 핵을 이루고, 우리 혈액 속에서는 산소를 운반하며 생명의 숨결을 잇는 경이로운 금속. 바로 원소 번호 26번 철^{Fe}이다. 철이 문명의 뼈대를 이루게 된 과학적·역사적 과정을 탐색한다.

글 유아영 과학 칼럼니스트, <평행 세계의 그대에게> 저자

<철의 시대>

강창훈 지음 / 창비 펴냄

일상의 조각에서 인류의 문명사까지, 철이 빚어낸 세계

지금 이 글을 쓰고 있는 책상 주변을 찬찬히 둘러본다. 노트북의 프레임, 가구를 지탱하고 있는 나사와 볼트, 책상을 떠받치고 있는 다리, 무심코 집어 든 볼펜 속 작은 스프링까지. 하나하나 뜯어보면 철이 없는 곳이 드물다. 평소 눈에 잘 띄지 않지만 이 모든 것이 없다면 전 세계는 바로 멈춰버릴지도 모르겠다. 철은 그래서 우리의 현재 일상뿐 아니라 인류 문명사를 지탱해온 가장 기본적인 재료다.

<철의 시대>는 너무 익숙해서 오히려 깊이 생각해보지 않았던 소재, ‘철’을 중심으로 인류 문명을 다시 읽어내는 책이다. 3000년 넘는 시간 동안 이어져 온 철기시대를 축으로 삼아, 철과 인간이 어떻게 서로 영향을 주고받으며 지금의 세계를 만들어왔는지 풀어낸다.





원소 번호 26번 Fe의 성격

이야기는 철의 기원에서 출발한다. 우주에서 철이 어떻게 생성됐는지에 대한 설명으로 시작해 철이 산소와 쉽게 결합하는 성질, 지구 내부의 철이 만들어내는 자기장 등 물리·화학·천문학을 아우르는 설명이 이어진다. 이러한 과학적 배경은 이후 전개될 인류 역사와 긴밀하게 연결된다. 철이라는 물질의 특성을 이해하는 순간, 왜 특정 기술이 발전하고 어떤 문명이 번성했는지 그 이유가 입체적으로 드러나기 때문이다.

본격적인 역사 서술을 통해 철이 어떻게 인류사를 바꿨는지 살펴본다. 철의 확산과 기술의 발전, 역사 속 문명의 번성 경로를 따라가면서 역사의 주요 전환점마다 ‘철’이 놓여 있었다는 사실을 설득력 있게 펼쳐 보인다. 예컨대 히타이트 제국은 강력한 철기를 만들어 군사적 우위를 확보하면서 번성했다. 중국 송나라는 유럽보다 훨씬 앞서서 제철 기술을 발전시켰고, 산업혁명 시기 철도와 증기선이 세계를 연결하는 핵심 인프라로 자리 잡았다. 터키에서 발견된 최초의 제련 흔적, 현대 기술로도 복원할 수 없는 인도의 강철 검, 시속 19km로 달리는 당대 가장 빠른 기관차 등 교과서에서 다루지 않은 흥미로운 내용도 함께 만날 수 있다.

인간 욕망의 산물, 제철 기술의 발전

인상적인 점은 철을 기술적 도구만이 아니라 인간 욕망의 산물로 바라보는 관점이다. 더 강한 무기, 더 효율적인 생산, 더 빠른 이동을 향한 인간의 욕망이 철의 발전을 이끌었고, 동시에 그 욕망이 전쟁과 파괴로 이어지기도 했다는 것. 몽골 제국의 팽창이나 유럽의 대항해 시대처럼 철이 정복의 도구로 사용된 사례를 보면, 기술 발전이 언제나 문명의 진보를 의미하지는 않는다.

책은 현대 문제로까지 시선을 확장한다. 철의 대량생산 과정에서 발생하는 환경오염은 인류가 여전히 풀지 못한 중요한 과제다. 저자는 재활용 기술이나 친환경 제철 방식 같은 해결의 가능성도 함께 제시하는데, 아쉽게도 책이 출간된 지 10년이 지나 최신 과학기술 내용이 없다는 점이 한계다. 주변만 둘러봐도 쉽게 알 수 있듯 주요 도구는 여전히 철로 이뤄져 있고, 따라서 우리는 여전히 철기시대를 살고 있다고 할 법하다. 우리 인류는 지금껏 철을 통해 무엇을 이루었고, 앞으로 무엇을 선택할 것인가? 책은 철의 역사를 통해 인간의 역사를 비추고, 그 속에 담긴 욕망과 미래의 가능성을 함께 성찰하게 만든다.

#히타이트

#철기시대



<사소한 것들의 과학>

마크 미오노닉 지음 / 윤신영 옮김 / 엠아이디 펴냄

우표만 한 면도날이 그 남자에게 남긴 것

‘물건에 집착하는 한 남자의 일상 탐험’이라는 부제처럼, 우리 주변에 흔한 물건들의 재료를 파헤친 책이다. 영국 유니버시티칼리지 런던 기계공학과 교수이자 오랜 기간 과학 커뮤니케이터로 활동해온 저자는, 어린 시절 기차역에서 겪은 사건을 계기로 재료에 강렬한 호기심을 갖게 된다. 낯선 사람에게 위협당하고 날카로운 무언가로 등을 베었는데, 나중에 알고 보니 그 무기가 우표만 한 크기의 면도날이었다는 것. 작은 칼날이 보여준 위력은 철이라는 물질의 놀라운 가능성을 각인시켰고, 이후 그의 삶은 재료에 대한 탐구로 이어졌다.

#재료과학

#철

#일상



<총, 균, 쇠>

재레드 다이아몬드 지음 / 강주현 옮김 / 김영사 펴냄

철의 보유 여부가 운명을 갈랐다

철을 이야기할 때 이 책을 빼놓기 어렵다. 진화생물학자인 재레드 다이아몬드가 1997년에 출간한 이 책은 1998년 풀리처 상을 수상했고, 2005년 한국에 처음 소개된 이후 여러 차례 개정을 거쳐 2023년 전면 개정 번역본으로 다시 출간됐다. 이 책은 민족 간 힘의 격차가 인종이 아니라 환경과 지리적 조건에서 비롯됐다고 주장한다. 오늘날 세계를 주도하는 강대국들은 비옥한 토지를 기반으로 다른 지역보다 먼저 농경을 시작했다는 것. 특히 저자는 ‘철’의 보유 여부가 정복과 피정복을 가르는 중요한 요인이었다고 강조한다.

#인종주의

#지리

#정복



유튜브 찾아볼까?



추울수록 단단해지는 ‘철’, 완전 럭키망간이잖아?
포스코 스튜디오

▶ 철강 엔터테인먼트 채널

한국을 대표하는 철강기업 포스코가 운영하는 브랜드 유튜브 채널이다. 콘텐츠 마케팅에 진심을 다하는 기업답게, 철이라는 소재를 중심으로 한 다양한 과학 상식과 산업 이야기를 쇼츠 형식으로 쉽고 흥미롭게 전달하는데, 내용이 다양하고 깊어서 배울 만한 것이 많다.

#철강

#에너지

#제철소



대체 인류는 어떻게 ‘철’을 이용하게 되었을까?
과학쿠키

▶ 과학으로 배우는 철의 역사

귀여운 손 그림과 내레이션을 통해 다양한 과학 이야기를 쉽게 풀어내는 채널이다. 철이 어떤 원소이고 생명에서 어떤 역할을 하는지부터, 철강산업이 폭발적으로 성장하는 역사를 설명한다. 최근 딥러닝 기반의 스마트 고로 프로젝트를 담당한 연구원 인터뷰를 통해 실제 산업 현장의 이야기도 들을 수 있다.

#스마트고로

#산업혁명

#제련



올해 정부는 ‘전력 반도체’를 미래산업을 이끌어갈 핵심 ‘키’로 설정했습니다. 인공지능^{AI} 시대가 되면서 반도체 경쟁의 무게중심이 ‘연산 성능’에서 ‘전력효율과 내구성’으로 이동하고 있다는 판단에서입니다. AI 데이터센터와 전기차가 엄청난 전기를 사용하는 요즘 시대에 전력을 최대한 덜 쓰고 낭비 없이 전달하는 기술이 바로 전력 반도체입니다. 우리 삶의 에너지를 똑똑하게 관리하는 전력 반도체의 세계로 함께 떠나볼까요?

글 김형자 과학 칼럼니스트

에너지소비효율 1등급을 만드는 핵심



‘전력 반도체’

전력 반도체의 원리, 스위칭과 컨버팅

반도체 하면 어떤 기술이 가장 먼저 떠오를까요. 아마도 정보를 저장하거나 복잡한 계산을 하는 컴퓨터의 두뇌 작용이 아닐까요. 하지만 우리가 매일 쓰는 전자제품 안에는 데이터를 처리하는 대신 전기를 직접 제어하는 아주 특별한 반도체가 있습니다. 바로 ‘전력 반도체^{Power Semiconductor}’입니다.





벽면 콘센트에서 나오는 220V의 전기는 그대로 가전제품에 쓰이지 않는다. 전력 반도체는 이 전기가 기기에 무리를 주지 않도록 적절한 전압으로 바꾸고 흐름을 조절하는 역할을 수행한다.

전력 반도체는 전기를 기기에 맞게 바꾸고 제어하는 역할을 합니다. 쉽게 말하면 전기의 ‘교통정리 담당자’라고 할 수 있습니다. 스마트폰부터 커다란 전기차, 밤낮없이 돌아가는 데이터센터에 이르기까지 전기가 흐르는 곳이라면 어디든 전력 반도체가 활약하고 있습니다.

발전소에서 만들어진 전기는 우리 집 콘센트까지 오지만, 그 전기를 그대로 우리가 사용하는 기기에 바로 쓰는 건 아닙니다. 예를 들어 벽면 콘센트에서 나오는 220V의 높은 전압을 스마트폰이 쓸 수 있는 5V의 낮은 전압으로 바꾸거나, 전기차 배터리에 저장된 직류^{DC} 전기를 모터를 돌리는 데 필요한 교류^{AC} 전기로 바꿔줘야 합니다. 이것이 전력 반도체가 하는 가장 대표적인 일입니다.

이해를 돕기 위해 물의 양을 조절하는 수도꼭지를 떠올려봅시다. 수도관(전선)을 통해 물(전기)이 세계 쏟아질 때, 전력 반도체가 수도꼭지 역할을 해서 상황에 맞게 물(전압)의 세기를 높이거나 낮추고 물의 방향(교류에서 직류)을 바꾸며 딱 필요한 만큼만 흐르게 조절해주는 것입니다. 이 과정에서 전력 반도체는 에너지가 엉뚱한 곳으로 새어나가지 않게 꼭 잡아 에너지 효율을 높여줍니다.

전력 반도체의 핵심 원리는 ‘스위칭^{Switching}’과 ‘변환^{Converting}’에 있습니다. 스위칭은 눈 깜빡할 새보다 빠른 속도로 전기를 켜다 껐다^{On/Off} 반복하며 전류의 흐름을 조절하는 것을 말합니다. 1초에 1000번 이상 스위칭 동작을 하며 필요한 양만큼의 에너지만 보냅니다.

변환은 전압, 전류, 직류·교류 등 전기의 형태를 바꾸는 것을 말합니다. 예를 들어 전기차 배터리의 높은 전압을 차량 내 디스플레이나 에어컨이 사용할 수 있는 적정 전압으로 바꿔주는 식입니다.

여기서 가장 중요한 숙제는 바로 ‘열’입니다. 전기를 바꿀 때마다 에너지 일부가 열로 변해 사라지곤 하는데, 전력 반도체의 성능이 좋을수록 이렇게 버려지는 열이 줄어듭니다. 열 발생이 줄어들면 배터리를 훨씬 오래 쓸 수 있고, 스위칭 동작이 빠를수록 전기신호를 더 정밀하고 빠르게 다룰 수 있어 전력 변환효율이 더욱 높아집니다.

전기를 부드럽게 다스리는 MOSFET과 IGBT

이렇게 전기를 효율적으로 사용하기 위해서는 전기의 흐름을 직접 조절하는 핵심 부품들이 필요합니다. 그중에서도 현대 전력 제어의 두 주인공은 바로 ‘모스펫^{MOSFET}(금속-산화물-반도체 전계 효과 트랜지스터)’과 ‘아이지비티^{IGBT}(절연 게이트 양극성 트랜지스터)’입니다. 예전에는 트랜지스터가 전류를 이용해 전류를 조절했다면,



인공지능과 전기차 산업의 급성장으로 전력 관리의 중요성이 커지면서, 차세대 배터리와 고성능 전력 반도체의 시너지효과가 산업 경쟁력을 좌우할 핵심 요소로 부상하고 있다.

MOSFET은 ‘전압’의 힘만으로 전류를 아주 세밀하게 조절하는 방식을 사용합니다.

MOSFET 방식의 가장 큰 장점은 속도가 엄청나게 빠르다는 것입니다. 수십 나노초^{ns}라는 찰나의 순간에 전기를 켜다 켜다 할 수 있어, 반응 속도가 아주 중요한 스마트폰이나 노트북 같은 기기에 필수적으로 쓰입니다. 하지만 기존의 실리콘^{Si}으로 만든 MOSFET은 너무 높은 전압이나 큰 전류가 흐르면 구조적으로 견디기 어렵다는 한계가 있습니다.

이런 한계를 극복하기 위해 등장한 것이 바로 IGBT입니다. IGBT는 MOSFET의 ‘부드럽고 쉬운 제어’라는 장점과 일반 트랜지스터^{BJT}의 ‘강력한 전류 전달 능력’을 결합한 하이브리드 소자입니다. 수천 볼트^V의 고전압과 수천 암페어^A라는 엄청난 양의 전류도 거침없이 다룰 수 있어 전기차 모터나 KTX 같은 고속열차, 공장의 대형 모터 등의 전력으로 변환하는데 필수적으로 사용됩니다. 실제로 테슬라 모델3 한 대에는 24개의 IGBT가 들어가, 배터리의 직류 전기를 모터 돌리는 교류로 바꾸는 중요한 일을 도맡아 하고 있습니다.

전기를 골고루 나눠주는 지휘자, PMIC

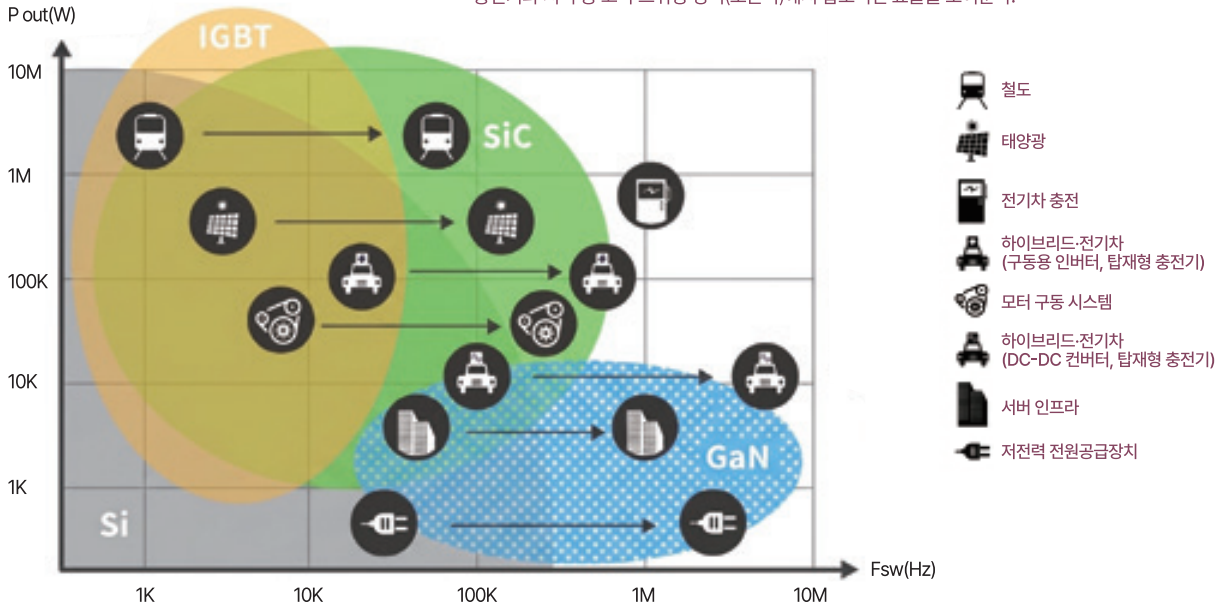
MOSFET과 IGBT 소자들이 전기를 바꾸고 버티는 역할을 한다면, 이렇게 만들어진 전기를 기기 안에서 구석구석 배달해주는 지휘자도 꼭 필요합니다. ‘전력



인피니언의 전력 반도체 소자 라인업. 왼쪽의 SiC MOSFET은 실리콘 대비 열 발생을 획기적으로 줄이며, 오른쪽의 X3 Lite 드라이버는 MOSFET과 IGBT에 대한 통합 구동 능력을 바탕으로 시스템 설계의 복잡도를 낮추고 전력효율을 높인다.

전력 반도체 소자의 물질별 사용 영역

가로축은 작동 속도(주파수)를, 세로축은 다루는 힘(전력량)을 의미한다. 전통적인 실리콘^{Si} 소재에 비해 SiC(탄화규소)는 전기차와 철도 등 고전력 영역(위쪽)에 특화되어 있으며, GaN(질화갈륨)은 초고성능 충전기와 서버 등 고속 스위칭 영역(오른쪽)에서 압도적인 효율을 보여준다.



관리 집적회로^{PMIC}라고 부르는 전용 칩이 그것입니다. 스마트폰이나 노트북 같은 기기 안에는 두뇌 역할을 하는 프로세서, 화면을 밝히는 디스플레이, 소리를 내는 스피커까지 정말 많은 부품이 들어 있습니다. 그런데 재미있는 사실은 이 부품들이 원하는 전압이 모두 제각각이라는 점입니다.

배터리에서 나오는 전기는 하나인데, 어떤 부품은 낮은 전압을 원하고 어떤 부품은 더 높은 전압을 원합니다. 그래서 이를 맞춤형으로 변환해주는 존재가 반드시 필요합니다. 이때 PMIC가 중간에서 딱 붙여 배터리 전력을 받아 각 부품이 원하는 최적의 전압으로 바꿔 전달해줍니다. 예전에는 이 일을 여러 개의 칩이 나눠 했지만, 기술이 발전하면서 이제는 하나의 작은 칩이 이 모든 일을 해냅니다. 덕분에 우리 손안의 기기들이 점점 얇아지면서도 전기를 알뜰하게 쓸 수 있게 된 것입니다.

SiC와 GaN, 전기차 시대를 여는 새로운 소재

하지만 오랫동안 사용해온 실리콘 웨이퍼 기반의 MOSFET과 IGBT는 에너지 손실을 줄이는 능력이 거의

한계에 다다르고 있습니다. 지난 수십 년 동안 반도체의 주인공은 ‘실리콘’이었습니다. 실리콘은 만들기 쉬워 기술적 완성도도 높고 가격도 싸서 여전히 사용 범위가 넓습니다. 하지만 실리콘은 뜨거운 열에 약하고, 전압이 너무 높아지면 타버리는 성질이 있습니다.

그래서 과학자들은 실리콘의 한계를 뛰어넘기 위해 탄소와 규소를 결합한 ‘탄화규소^{SiC}’, 갈륨과 질소를 결합한 ‘질화갈륨^{GaN}’ 같은 새로운 소재를 찾아냈습니다. 산화갈륨^{Ga₂O₃} 같은 소재도 뒤를 이었죠.

반도체 산업이 SiC와 GaN에 기대하는 점 중 하나는 ‘적은 전력손실’입니다. 이 두 소재가 실리콘에 비해 전력손실이 적은 비결은 ‘와이드 밴드갭^{Wide Band-Gap}’이라는 특별한 성질 덕분입니다. 밴드갭은 전자가 넘나드는 에너지 장벽인데, 밴드갭이 넓을수록 높은 전압과 뜨거운 온도를 잘 견뎌냅니다. 실리콘은 밴드갭이 1.2eV(에너지볼트)로 좁아서 열이 쉽게 나고 전압이 높으면 무너집니다. 반면 SiC는 3.3eV, GaN은 3.4eV로 가장 넓습니다. 덕분에 전기를 공급할 때 열로 새나가는 손실을 획기적으로 줄여줍니다.

밴드갭이 좁으면 자유전자 생성이 많아져 전자의 이동량이 많아집니다. 그럴 경우 격자와 충돌이 잦아지면서 열에너지가 생깁니다. 만약 100W의 전력을 공급했는데 30W가 열로 손실됐다면 70%의 효율만 얻게 됩니다. 그렇다고 밴드가 너무 넓으면(4eV 이상) 전자가 장벽(전도대)까지 도달하기 힘듭니다. 그래서 0.1~4eV는 반도체, 그 이상은 부도체로 봅니다.

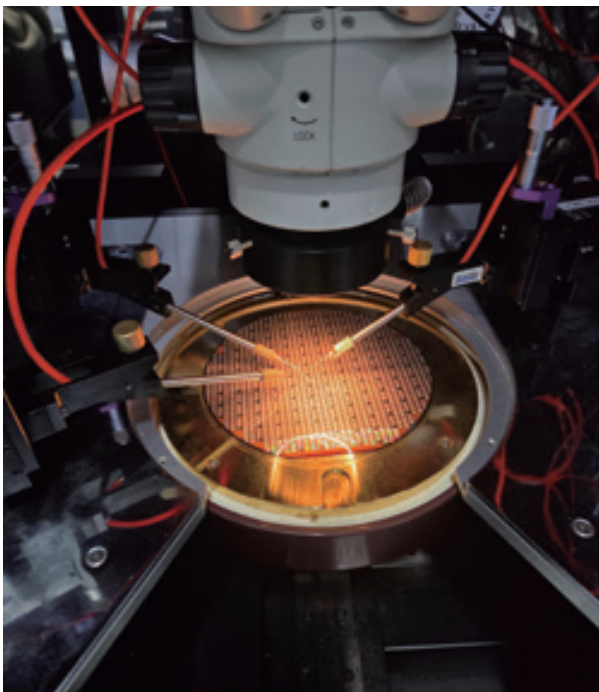
현재 반도체 시장의 약 95%는 실리콘을 재료로 씁니다. 하지만 실리콘은 고온의 환경에서 안정성과 내구성이 떨어져 온도가 150°C 이상 올라가면 반도체 성질을 잃어버립니다. 전력 변환효율도 92~95% 수준입니다. 나머지 5~8%는 열로 빠져나갑니다. 스마트폰 충전기에서는 이 정도 수준이 별 문제가 안 되지만, 전기차나 데이터센터처럼 전력 소비가 큰 곳에서는 엄청난 열 손실입니다.

SiC는 특히 같은 두께에서 고전압을 견디는 능력이 실리콘보다 10배나 높습니다. 이는 높은 전압을 걸어도 반도체에 문제가 생기지 않고 적절한 동작을 할 수 있음을 의미합니다. 열전도율도 실리콘보다 3.5배나 뛰어나서 에너지 손실을 줄일

수 있습니다. 따라서 SiC는 고전압이 흐르는 환경, 즉 전기차 등에 최적입니다. 실제로 테슬라가 전기차에 SiC 반도체를 사용한 결과, 실리콘에 비해 에너지 손실을 6%나 더 줄일 수 있었습니다. 배터리는 똑같은데 주행거리가 수십 킬로미터나 늘어난 셈입니다.

현재 전력 반도체 시장에서 가장 뜨거운 감자는 SiC 반도체입니다. 기존 실리콘 반도체를 SiC로 바꾸면 어떤 일이 벌어질까요. 결론적으로 전력효율이 약 5~10% 향상돼 전기차의 주행거리가 그만큼 늘어나고, 또 열에 강하기 때문에 무거운 냉각장치를 줄일 수 있어 차량 무게가 가벼워지고 내부 공간을 더 넓게 확보할 수 있습니다. ‘더 멀리 가고, 더 빨리 충전되는’ 전기차의 꿈이 SiC를 통해 실현되고 있는 것입니다. 아직은 가격이 조금 비싸지만 성능이 워낙 뛰어나 전기차 시장에서 점점 더 많이 쓰이고 있습니다.

반면에 GaN은 전기를 켜다 껐다 하는 스위칭 속도가 실리콘보다 10배 이상 빠르다는 것이 최대 장점입니다. 속도가 워낙 빠르다 보니 같은 성능을 내면서도 부품의 크기를 3분의



탄화규소^{SiC} 전력 반도체의 기반이 되는 웨이퍼의 품질을 검사하는 모습이다. 실리콘 대비 10배 높은 전압을 견뎌야 하는 소재 특성상, 엄격한 공정관리를 통해 전기차와 에너지 산업의 안전성을 확보한다.



실리콘 대비 10배 이상 빠른 스위칭 속도를 구현한 질화갈륨^{GaN} 기반의 전력 반도체다. 고성능 충전기와 데이터센터 서버 등 효율이 필요한 분야에 최적화된 성능을 제공한다.



다이아몬드는 탄소 원자의 견고한 결합을 통해 최고 수준의 경도와 열전도율을 자랑한다. 아직은 높은 공정 비용이 숙제지만, 기술적 완성이 이뤄진다면 전력 반도체 산업의 새로운 패러다임을 제시할 전망이다.

1로 줄일 수 있습니다. 우리가 요즘 쓰는 손가락 두 개만 한 아주 작은 고속 충전기가 가능한 이유도 바로 GaN 덕분입니다. 또 전 세계 데이터센터에서 GaN을 사용하면 원자력발전소 한 기가 일 년 동안 만드는 에너지를 아낄 수 있을 정도로 전력 변환효율이 좋습니다. 따라서 산업계에서 GaN에 대한 기대는 매우 높습니다.

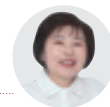
궁극의 반도체, 다이아몬드가 그리는 미래

이처럼 SiC와 GaN은 현재 전력 반도체 시장의 대세로 떠오르고 있습니다. 과학자들은 여기서 한발 더 나아가 그 이상의 성능을 보여줄 ‘끝판왕 소재’를 찾고 있습니다. 그 주인공은 바로 우리가 보석으로 알고 있는 ‘다이아몬드’입니다. 다이아몬드는 사실 가장 완벽한 반도체 재료입니다.

다이아몬드는 지구상에 자연적으로 존재하는 물질 중 가장 단단합니다. 광물의 경도를 나타내는 척도인 모스 경도는 10점 만점에 10점입니다. 다이아몬드는 탄소 원자로만 이뤄져 있고 매우 견고한 정사면체 구조로 결합돼 있어, 다른 광물을 긁는 능력(긁힘 저항)이 최고 수준입니다. 그래서 절단, 드릴링 또는 연마재로 매우 유용하게 사용되고 있습니다.

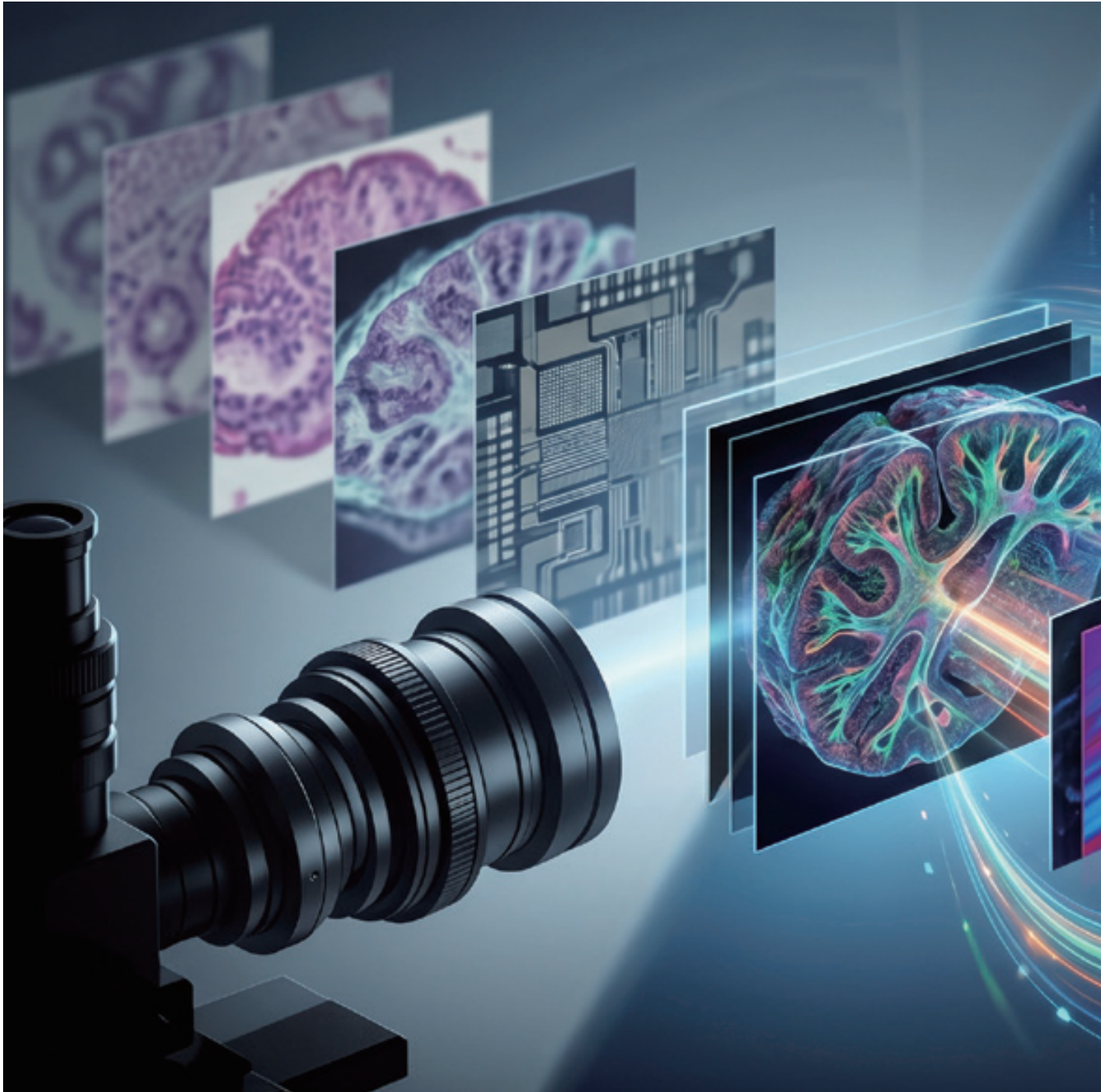
특히 다이아몬드 반도체는 SiC보다 전압을 견디는 힘이 30배나 강하고, 열전도율은 구리보다 5배나 뛰어납니다. 만약 이 반도체를 쓰면 뜨거운 열을 식히는 냉각장치가 아예 필요 없을 정도입니다. 물론 아직은 인공 다이아몬드를 크게 만드는 비용이 너무 비싸서 연구 단계에 머물러 있습니다. 하지만 이 기술이 완성된다면 우주선이나 심해 탐사선처럼 아주 극한 환경에서도 끄떡없는 ‘꿈의 반도체’가 될 것입니다.

전력 반도체는 세상의 모든 에너지를 아주 정밀하고 소중하게 다스리는 숨은 공신입니다. 실리콘에서 시작해 화합물을 거쳐 다이아몬드로 향하는 이 여정은, 결국 우리가 에너지를 덜 쓰면서도 더 편리하고 풍요로운 삶을 살 수 있게 해주는 멋진 기술의 진보입니다.



김형자 과학 칼럼니스트

청소년 과학 잡지 <Newton> 편집장을 지냈으며, 현재 과학 칼럼니스트와 저술가로 활동 중이다. 저서로는 <구멍에서 발견한 과학>, <먹는 과학책> 등이 있다.



렌즈의 한계를 넘어,  산술 광학 영상의 미래

광학 하드웨어와 인공지능의 융합이 그려내는
차세대 영상 패러다임.



단 한 번의 촬영으로 삼차원 구조를 측정하고, 넓고 깊은 영역에서 고해상도 영상을 동시에 얻을 수 있다면 어떨까. 한때 공상에 가까웠던 이 질문은 광학과 인공지능이 손을 맞잡은 지금 빠르게 현실이 되어가고 있다.

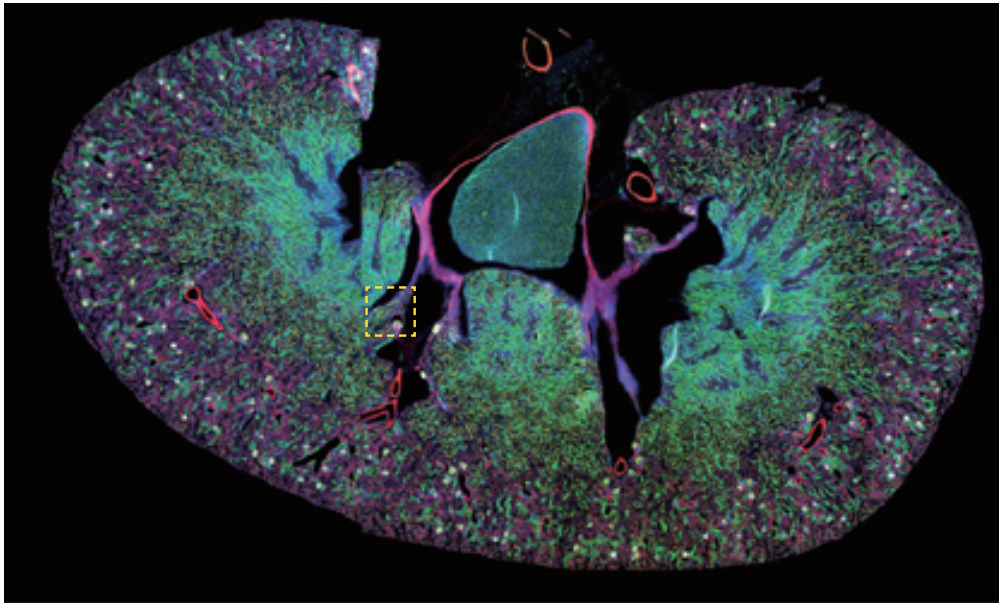
글 주철민 연세대학교 기계공학과 교수

렌즈의 시대를 넘어 산술의 시대로

전통적인 광학 영상 시스템은 정밀하게 가공된 다수의 렌즈와 필터, 고가의 광원과 카메라가 결합된 거대한 하드웨어 위에서 작동해왔다. 생체 현미경과 반도체 계측장비가 대표적이다. 광학 설계 전문가가 최상의 품질을 끌어낼 수 있도록 시스템을 정교하게 구축하고, 영상 후처리 전문가가 다시 알고리즘을 적용해 결과물을 다듬는 방식이 수십 년간 표준이었다.

산술 광학 영상은 이러한 분업의 사슬을 끊어낸다. 광학적 영상 전달 과정 자체를 인공지능 기반의 최적화·추론 과정에 통합함으로써, 하드웨어와 소프트웨어가 처음부터 하나의 시스템으로 설계되는 것이다. 그 결과 우리는 새로운 질문을 던질 수 있게 됐다. 고해상도 영상을 얻기 위해 반드시 렌즈가 필요한가? 초점이 맞지 않은 물체를 보기 위해 카메라를 굳이 움직여야 하는가? 삼차원 정보를 얻으려면 정말 여러 번의 촬영이 필요한가? 이 질문들에 대한 답이 바뀌는 순간, 광학산업의 지형도 함께 바뀐다.

E2E-BPF 현미경을 통한 쥐 신장 조직의 다중 색상 형광 영상 결과

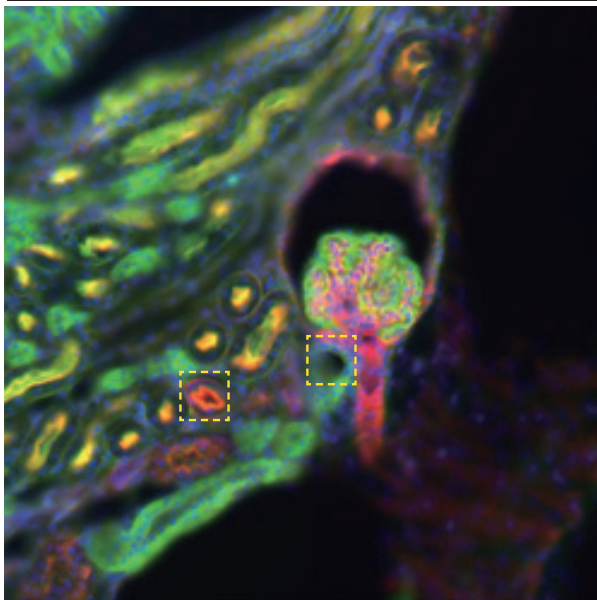


DNA
Tubules
F-actin

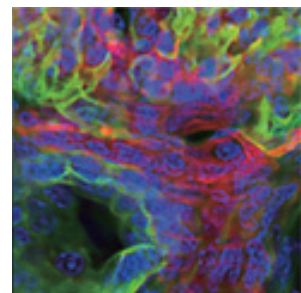
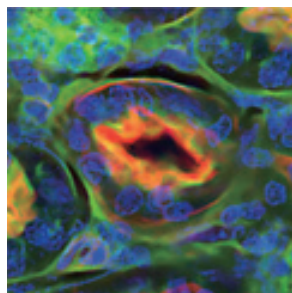
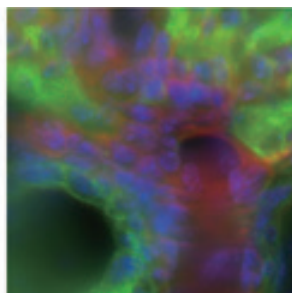
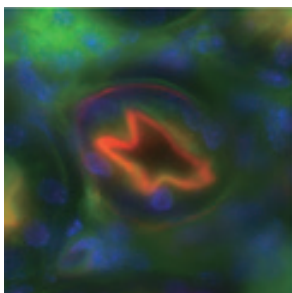
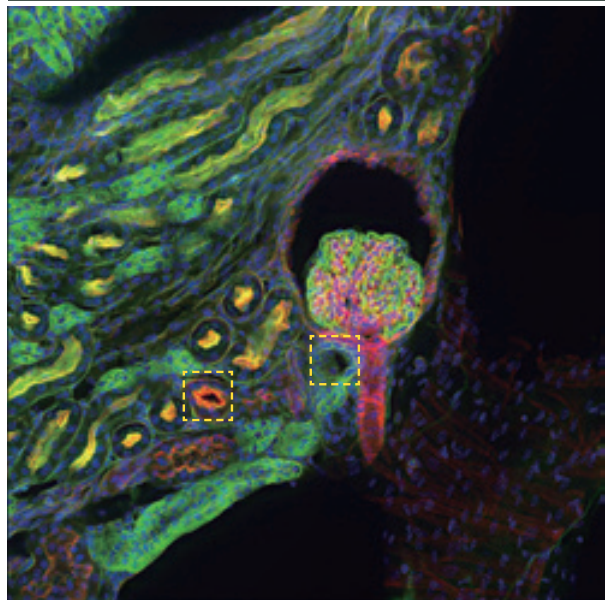
—
2 mm

전통적인 현미경은 시료의 깊이가 달라지면 초점이 흐려져 여러 번 나누어 촬영해야 하지만, E2E-BPF(이진 위상 필터) 기술이 적용된 이 현미경은 한 번의 촬영만으로도 초점 이동 없이 다양한 깊이의 조직 구조를 시각화한다.

기존 현미경



E2E-BPF



더 깊게, 더 빠르게 보는 기술

연세대학교 연구팀은 광학 물리와 인공지능을 결합해 산업 현장에 실제로 적용 가능한 산술 광학 영상기술 개발에 집중하고 있다. 그중 하나가 영상 면적과 해상도, 그리고 영상 심도의 한계를 동시에 넘어서는 시도다. 고배율 현미경은 본질적으로 영상 심도가 얕다는 약점을 안고 있어, 두꺼운 시편을 관찰하려면 초점을 옮겨가며 수십·수백 장의 영상을 찍고 합성해야 한다. 시간과 비용이 함께 늘어나는 이유다.

연구팀이 선보인 해법은 인공지능으로 설계한 이진^{二進} 광 위상구조^光와 신경망 기반 영상 복원 알고리즘의 결합이다. 두 개의 단차로 이루어진 투명 유리 광학소자는 제작이 쉽고 대량생산이 가능하며, 광학계 조리개 단에 끼워 넣는 것만으로도 손쉽게 적용된다. 이 단순한 부품 하나가 영상 심도를 기존 현미경 대비 수십 배까지 끌어올린다. 현재 이 기술은 병리 진단과 반도체 소자 계측·검사 분야에서 산업화 검증이 진행되고 있으며, 머지않아 임상과 생산 라인에서 그 위력을 발휘할 것으로 기대된다.

기술을 넘어 산업으로

최근 인공지능의 비약적인 발전 덕에 단일 촬영만으로 삼차원 구조, 초분광 정보, 복굴절 특성까지 동시에 끌어내는 기술이 잇따라 가능해지고 있다. 광학 영상이 형성되는 물리적 과정을 모델 안에 통째로 녹여 넣는 접근은 더 단순하면서도 더 정밀한 시스템을 가능하게 한다. 여기에 에지 컴퓨팅과 아날로그 PIM^{Process in Memory} 기술이 결합되면, 영상 취득과 동시에 실시간으로 고차원 정보를 처리하는 차세대 광학 영상 장비의 출현이 곧 가시화될 것이다.

그러나 이러한 가능성이 현실이 되기 위해서는 아직 해결해야 할 과제도 많다. 물리 모델과 데이터 기반 모델 간의 정합성, 다양한 환경에서의 안정성, 그리고 산업 현장에서의 신뢰성 확보가 중요하다. 또한 광학·전자공학·컴퓨터과학을 아우르는 융합 연구가 필수적이며, 이를 위한 학문적·산업적 협력이 더욱 강화되어야 한다.

① 이진 광 위상구조 : 빛의 위상^{Phase} 정보를 0과 1, 혹은 두 가지 상태의 디지털 신호처럼 이진화하여 제어하는 광학적 설계.



지난 10년간 세계 각국에서 산술 광학 영상기술에 대한 연구가 급격히 증가한 것은 결코 우연이 아니다. 이는 단순한 기술 발전이 아니라, ‘보는 방식’ 자체를 바꾸는 패러다임 전환의 신호다. 이제 우리는 렌즈의 한계를 넘어, 계산을 통해 세계를 재구성하는 시대에 들어서고 있다.

매년 어떤 새로운 기술이 등장할지 가능하기 어려울 만큼 산술 광학 영상의 지평은 빠르게 확장되고 있다. 렌즈가 만들어온 시대의 끝자락에서, 알고리즘이 빛을 빚어내는 새로운 시대가 열리고 있다. 그 변곡점에서 있다는 사실 자체가, 이 분야에 몸담은 모든 이들에게 더없이 흥분되는 일이다.



주철민 연세대학교 기계공학과 교수

광학 하드웨어와 인공지능 알고리즘을 통합 설계하여 기존 광학계의 한계를 극복하는 ‘산술 광학 영상’ 분야를 연구하고 있다. 물리적 현상을 데이터로 재구성함으로써 바이오 현미경부터 반도체 계측까지 정밀 영상기술의 새로운 지평을 넓히고 있다.

보이지 않는 우주를 추적하다

지하 1000m 깊이, 빛도 소음도 닿지 않는 공간에서 우주의 가장 큰 미스터리를 추적하고 있다. 바로 보이지 않지만 우주의 상당 부분을 차지하는 ‘암흑물질’, 그리고 물질과 반물질의 비밀을 품은 중성미자다. 기초과학연구원 지하실험연구단을 이끄는 김영덕 단장의 연구는 단순한 입자 탐색을 넘어, 우리가 사는 우주의 기원과 구조를 이해하려는 가장 근본적인 질문으로 이어진다.

글 김선녀 사진 김기남

현재 말고 계신 기초과학연구원^{IBS} 지하실험연구단의 역할과, 단장으로서 어떤 연구를 이끌고 계신지 소개 부탁드립니다.

지하실험연구단^{CUP}은 입자물리학을 통해 우주의 근본적인 구조와 법칙을 이해하는 것을 목표로 합니다. 암흑물질의 정체를 밝히는 실험과 중성미자의 성질을 규명하는 연구를 수행하고 있으며, 저는 이런 연구들을 총괄하고 있습니다.



우주선^{Cosmic Ray}의 배경 잡신호를 최소화하기 위해 지하 1000m 아래 건설된 예미랩에서 연구진이 실험 장비를 살펴보고 있다.

‘예미랩^{Yemi Lab}’은 지하 1000m 깊이에 구축된 실험시설로 알려져 있습니다. 이 공간은 어떤 곳이며, 왜 이런 환경이 필요한가요?

강원도 정선에 위치한 예미랩은 지하 약 1000m 깊이에 건설된 연구시설입니다. 국내에서 운영 중인 광산 내부에 구축된 실험실로, 지상에서는 수행하기 어려운 정밀한 입자물리 실험을 위해 만들어졌습니다. 이처럼 깊은 지하에 실험실을 두는 이유는 우주에서 날아오는 고속 입자, 즉 우주선에서 발생하는 다양한 입자들로 인한 ‘잡신호’를 차단하기 위해서입니다. 지상에서는 중성자나 뮤온 같은 입자들이 끊임없이 쏟아지기 때문에, 우리가 찾고자 하는 매우 희귀한 신호가 쉽게 묻혀버립니다. 지하 깊은 곳에서는 이러한 입자들이 대부분 차단돼 배경 신호가 크게 줄어들기 때문에, 암흑물질이나 중성미자같이 물질과 거의 반응하지 않는 희귀한 현상을 훨씬 더 정밀도 높게 탐색할 수 있습니다.

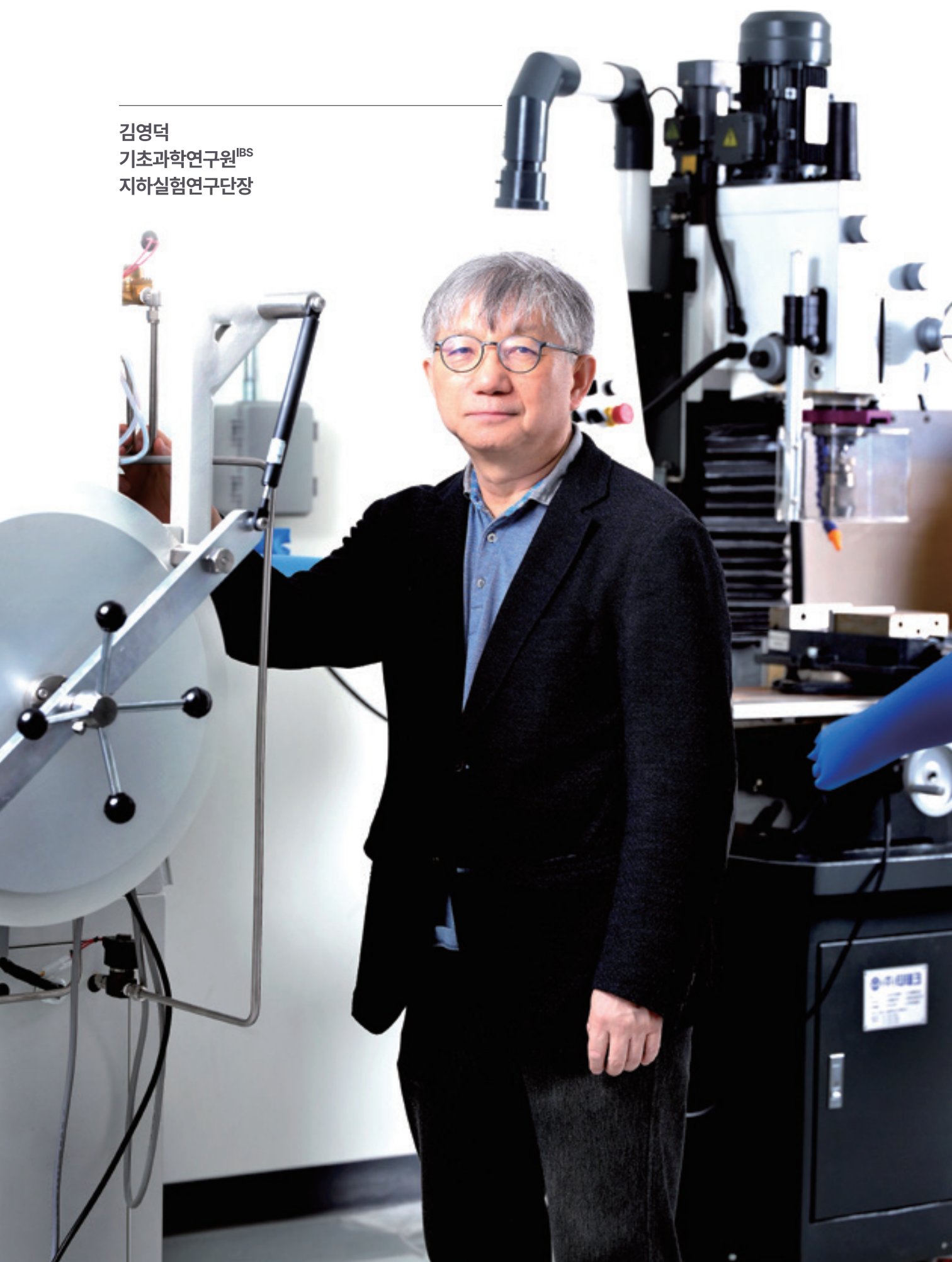
연구단이 추적하고 있는 ‘암흑물질’은 무엇이며, 이것이 우주의 기원을 이해하는 데 왜 중요한가요?

암흑물질은 빛을 내거나 반사하지 않아 직접 볼 수 없는 물질입니다. 하지만 질량을 가지고 있어 중력 효과를 통해 그 존재를 확인할 수 있습니다. 실제로 은하의 회전이나 우주의 구조를 보면, 우리가 알고 있는 물질만으로는 설명되지 않는 부분이 있어 암흑물질의 존재가 필요합니다. 현재 우주의 약 85%가 암흑물질로 이루어져 있다고 추정됩니다. 암흑물질을 이해한다는 것은 단순히 새로운 입자를 발견하는 것을 넘어, 우주의 대부분을 구성하는 요소와 그 형성 과정을 이해하는 데 중요한 단서가 됩니다.

현재 전 세계적으로 암흑물질 연구는 어느 정도 단계에 와 있으며, 예미랩의 연구는 그 흐름 속에서 어떤 위치를 차지하고 있나요?

암흑물질 연구가 어느 단계에 와 있다고 단정하기는 어렵습니다. 아직 그 정체 자체가 밝혀지지 않았기 때문에 얼마나 더 연구해야 답에 도달할 수 있을지도 알기 어려운

김영덕
기초과학연구원^{IBS}
지하실험연구단장





“누군가는 반드시 해야 할 질문이라는 점이 연구를 계속하는 동력이 된다고 생각합니다.”

상황입니다. 다만 중요한 진전도 있습니다. 지난 25년간 이탈리아의 DAMA 그룹이 암흑물질 신호를 주장해왔는데, 예미랩의 COSINE 국제 공동연구에서는 동일한 방식의 검출기를 사용해 이를 재현하지 못했고, 해당 주장에 대해 부정적인 결론을 제시했습니다. 현재 전 세계적으로 액체 제논 검출기 등 다양한 실험으로 여러 이론적 후보 입자를 탐색하고 있으며, 예미랩에서도 저질량 후보와 엑시온 같은 유력 후보를 중심으로 연구를 계속해나갈 예정입니다.

어떻게 이 분야에 들어오게 되었나요? 처음 물리학, 특히 우주와 관련된 연구에 관심을 갖게 된 계기가 궁금합니다.

—
저는 대학에서는 원자핵공학을 전공했지만, 어릴 때부터 관심 있었던 우주와 입자물리학을 연구하고자 대학원에서는 핵물리학으로 방향을 바꾸었습니다. 그리고 귀국한 뒤에는 암흑물질 탐색과 중성미자 연구를 본격적으로 시작했습니다.

특히 2005년 영광 원자력발전소에서 진행한 중성미자 검출 실험이 중요한 계기가 되었습니다. 이 실험을 통해 중성미자의 ‘진동’ 현상을 확인하는 데 기여하며 국제적으로 큰 주목을 받았습니다. 한국에는 대형 입자가속기가 없어 가속기에 의존하지 않는 방식으로 입자물리학을 연구하고자 했고, 그 과정에서 지하 실험을 기반으로 한 연구에 집중하게 되었습니다.

연구자의 길을 선택하는 과정에서 결정적인 순간이나 영향을 준 경험이 있었다면 무엇인가요?

—
연구자의 길을 선택하는 데 결정적 계기가 된 것은 ‘질문을 풀어나가는 과정’ 자체에 큰 흥미와 보람을 느꼈던 경험입니다. 스스로 던진 질문이든, 다른 연구자들이 제기한 문제든 그 답을 찾아가는 과정이 매우 매력적으로 다가왔습니다. 양양 암흑물질 실험 중 CsI 결정의 배경 방사능을 제거하는 과정에서

중요한 질문이 생겼는데, 당시 전 세계에서 저희만이 이를 해결하려고 했습니다. 결국 해결책을 찾아냈죠. 이렇듯 유일한 질문에 대한 답을 찾아가는 과정이 연구를 계속하게 만드는 큰 동력이 되었습니다.

기초과학 연구는 성과가 단기간에 드러나지 않는 분야기도 합니다. 이 직업의 가장 큰 특징과 매력, 그리고 어려움은 무엇이라고 생각하시나요?

기초과학은 특정한 응용을 목표로 하기보다, 아직 알려지지 않은 자연의 원리를 직접 탐구한다는 점에 큰 매력이 있습니다. 자연과 가장 직접적으로 마주하는 연구라는 점이 이 직업의 본질이라고 생각합니다. 다만 암흑물질처럼 가능성이 매우 많은 분야에서는 실험 방향을 정하는 것 자체가 어렵고, 연구 규모가 점점 커지면서 한 국가가 아닌 국제 공동연구와 대규모 자원이 필요한 점도 큰 어려움입니다. 그럼에도 누군가는 반드시 해야 할 질문이라는 점이 연구를 계속하는 동력이 된다고 생각합니다.

한국에서 이러한 대형 기초과학 연구시설이 운영된다는 점은 과학기술 또는 국가경쟁력 측면에서 어떤 의미를 갖는지 궁금합니다.

한국은 경제 규모 면에서 세계 10위권에 도달한 만큼, 기초과학 연구 역시 그에 걸맞은 수준으로 성장하는 것이 자연스러운 흐름이라고 생각합니다. 아직은 다소 격차가 있지만 예미랩 같은 연구시설이 구축되면서 점차 그 수준에 가까워지고 있으며, 이는 우리나라 과학기술 발전의 중요한 지표가 됩니다. 다만 중국 등 주요 국가들이 기초과학에 대규모 투자를 확대하고 있는 상황을 고려하면, 한국도 경제 규모에 맞는 지속적인 투자와 관심이 필요하다고 봅니다. 특히 입자물리학과 우주 분야는 여전히 새로운 발견이 이어지고 있는 영역이기 때문에, 장기적인 관점에서의 지원이 중요하다고 생각합니다.

오랜 시간 ‘정답이 보이지 않는 질문’을 다루는 연구자로서, 연구를 지속하게 만드는 개인적인 철학이나 태도가 있다면 무엇인가요?

중성미자 연구처럼 비교적 구체적인 질문과 방법이 정립된 분야도 있지만, 암흑물질처럼 가능성이 매우 다양한 영역도 있어 두 연구는 서로 다른 성격을 갖고 있습니다. 저는 토머스 쿤의 관점을 중요하게 생각하는데, 새로운 발견은 현재의 패러다임을 얼마나 더 정밀하게 검증하는가에서 시작될 때가 많다고 봅니다. 우리가 알고 있는 것을 끝까지 밀어붙여 정밀하게 탐구하다 보면, 그 과정에서 새로운 단서와 도약의 계기가 나타난다고 생각합니다.

기초과학 연구를 꿈꾸거나 진로를 고민하는 후배들에게 해주고 싶은 말씀이 있다면 부탁드립니다.

기초과학도 결국 스스로 흥미를 느끼는 것이 가장 중요합니다. 다만 연구는 혼자 할 수 있는 일이 아니기 때문에 동료나 선배, 멘토들과의 협업과 대화가 매우 큰 역할을 합니다. 책이나 논문을 통해 얻는 지식도 중요하지만, 사람들과의 논의 속에서 얻는 통찰이 연구를 더 깊이 있게 만들어줍니다. 그래서 주변 사람들과 끊임없이 이야기하고 함께 고민해나가는 태도가 중요하다고 생각합니다.

김영덕 단장은 누구?



김영덕 단장은 기초과학연구원^{BS} 지하실험연구단^{CUP}을 이끌며 암흑물질 탐색과 중성미자 연구를 수행하고 있는 입자물리학자다. 중성미자 없는 이중 베타 붕괴 실험을 비롯해 국내 지하 입자물리 실험을 선도해왔으며, 현재 예미랩을 기반으로 국제 공동연구를 이끌고 있다.

<테크 포커스>의 든든한 서포터

똑*소리단



똑 똑하게 **소** 통하고 **리** 뷰하는 <테크 포커스> 독자 **단**

똑소리단은 산업기술에 관심 있는 다양한 연령층의 독자로 구성되어 있으며, 매월 표지를 선정하고 콘텐츠와 관련된 의견을 제안하는 등 활발한 활동을 이어가고 있습니다. <테크 포커스>를 함께 만들어가는 똑소리단의 4월호 리뷰를 확인해보세요!

김성원

그동안 몰랐던 자율운항선박이라는 분야에 대해 알 수 있어서 좋았습니다. M.AX와 AI 자율운항선박이 연결되어 더 중요성을 인식할 수 있었고, 미래 성장 동력으로 국가 차원에서 키워야 할 분야라는 생각이 들었습니다.

윤예은

제조 시와 자율운항이라는 거대 담론을 한 편의 잘 짜인 영상 콘텐츠처럼 매끄럽게 풀어내어 몰입감이 상당했습니다. **특히 자율운항선박의 역사적 계보와 HD현대 아비커스의 실증 사례를 보며, K-조선이 나아갈 '서비스형 플랫폼'이라는 지향점이 머릿속에 선명하게 그려졌습니다. 또한 책임 소재와 같은 현실적 쟁점까지 균형 있게 다룬 점이 돋보였습니다.**

이예은

이번 호에서는 AI 자율운항선박이 인적 오류에서 비롯되는 해상 사고를 줄여 안정성을 높인다는 점과 다양한 비용 절감 등의 장점을 알 수 있었습니다. 반면 영화를 예로 든 것처럼 해킹으로 제어권을 박탈당할 수 있는 보안 리스크와 사고 발생 시 사고 책임 소재가 불명확하다는 점 등의 단점도 알 수 있었습니다. 이 장단점을 통해 "기술은 준비되었지만 제도와 신뢰가 뒤따라야 한다"고 생각했습니다.

이수영

가장 인상적인 대목은 대중에게 익숙한 영화 <스피드 2>의 설정을 자율운항 기술과 접목해 설명한 부분입니다. 거대한 유람선이 통제력을 잃고 해안가로 돌진하던 영화 속 공포는 역설적으로 인간의 판단이 배제되거나 오류를 일으켰을 때의 위험성을 보여주었다고 생각합니다. 또한 자율운항선박 기술 개발과 함께 실 운항 데이터가 지배할 미래의 바다에서 한국이 가야 할 길을 명확히 제시하여 만족스럽습니다.

정세진

처음부터 끝까지 일관된 기획 의도와 매끄러운 전개가 돋보여 인상적이었습니다. 이번 호는 'AI 자율운항선박'을 전면에 내세우되, 단순히 미래 기술을 소개하는 데 그치지 않고 인포그래픽, 역사, 영화, 심층 기술 기사, 산업 분석까지 촘촘하게 배치해 독자가 한 주제를 여러 각도에서 입체적으로 이해하도록 구성했습니다. 덕분에 기술의 현재성과 산업적 가능성을 함께 체감할 수 있었습니다.

박승주

이번 AI 자율운항선박 기획은 첨단기술의 발전상뿐 아니라, 상용화를 뒷받침할 '정책적 과제'를 예리하게 짚어내어 무척 인상 깊었습니다. **하늘의 무인 드론 산업이 규제망 체계화와 함께 성장했듯, 바다의 무인체계 역시 2032년 MASS Code 강제 발효를 앞두고 국제표준 선점이 시급하다는 점을 명확히 이해할 수 있었습니다.**

고영은

가장 인상적인 부분은 화학적 재활용의 진화였습니다. 단순히 연구실 수준의 이야기가 아니라, 당장 올해와 내년에 우리가 입을 패딩과 티셔츠에 이 기술이 적용된다는 점이 놀라웠습니다. 이렇게 기술 동향이 진화하면 언젠간 매우 각광받는 분야가 될 것이라고 생각합니다.

박찬우

이번 호는 자율운항선박의 자율만 강조한 게 아니라 **표준 연결 안전 검증 상용화 가능성을 계속 찾는 점이 눈에 띄었습니다. 최근 호르무즈 통항 이슈를 같이 떠올려보면 해상운송이 얼마나 국제 정세에 민감한지 실감하게 됩니다.**

황혜인

이번 호를 읽으며 실제 해양 사고의 상당수가 인적 오류로 인해 발생한다는 점이 매우 충격적으로 다가왔습니다. 그동안 위기 상황에서는 인간이 기계보다 더 안전하다고 막연히 생각해왔는데요. 의사소통 문제, 피로, 판단 착오 등 다양한 인간적 한계가 사고로 이어질 수 있다는 점을 알게 되었습니다. 자율운항선박과 같은 SI 기술은 이러한 인적 오류를 줄이고 좀 더 안정적인 운항을 가능하게 한다는 점에서 큰 의미가 있다고 느꼈습니다.

최민석

기계공학 전공자로서, QA 인턴으로서 자율운항선박^{MASS}의 기술과 실무적 쟁점을 보았습니다. QA 인턴으로 센서 로그를 분석하며 데이터 표준화와 프로세스 준수의 중요성을 매일 체감하고 있는데, **자율운항선박 역시 결국 방대한 데이터를 얼마나 체계적으로 가공해 신뢰성을 뽑아내느냐의 싸움입니다. 하드웨어의 물리적 한계를 소프트웨어가 어떻게 극복해나가는지 지켜볼 가치가 충분한 분야라고 생각합니다.**

김민희

이번에 나온 디스플레이 분야 관련 압착 기술은 국내 기업이 해당 기술 분야 시장 주도권을 잡고 있다는 점에서 좋은 사례라고 볼 수 있습니다. IT 기업 생태계에선 독과점 폐쇄 시장형을 흔히 볼 수 있지만, 제조업은 좀 다릅니다. 핵심기술을 가지고 있다고 해도 시장점유율 70% 이상은 나오기 힘듭니다. 제조업의 모든 분야에 대해 일률적으로 말할 순 없지만, '복합 기술 기업 + 일부 특화 기술 기업' 조합의 산업 생태계라서 쉽게 우위를 점할 수 없습니다. 그래서 국내 기업의 기술 선도, 표준 선도 같은 소식이 귀하고 매우 반가웠습니다.

김재림

기사에 따르면 해양 사고의 대부분이 사람의 실수 때문이라고 합니다. **시가 운항하면 이런 인적 과실이 확 줄어든다는 건데, 엄마 입장에서 안전이라는 키워드가 제일 마음에 와닿더라고요. 기사 후반부에 자율운항선박의 사이버 보안 문제가 나오는데, 이 부분을 짚어줘서 균형 잡힌 시각이 좋았습니다.**

장성수

이번 호가 흥미로운 이유는 첨단기술을 단지 산업 이슈로만 다루지 않고, 생활 속 과학으로도 자연스럽게 확장했다는 점입니다. 해당 칼럼은 MRI가 자기장으로 인해 내 수소 원자의 신호를 읽어 영상으로 바꾸는 기술이라는 사실을 차분하게 설명합니다. 기술을 과학적 시스템으로 이해하게 만드는 지점이었습니다.

독자 퀴즈의 정답을 맞춰주세요!

퀴즈에 참여해주신 정답자 중 추첨을 통해 소정의 상품을 보내드립니다. 퀴즈 정답과 휴대폰 번호를 grintjssu@hankyung.com으로 보내주세요.

독자 선물은 교환, 환불이 불가합니다. 전화번호 누락, 오류 등으로 인한 발송 시 재발송하지 않습니다.

20명 증정
퀴즈 정답자
모바일 쿠키 교환권

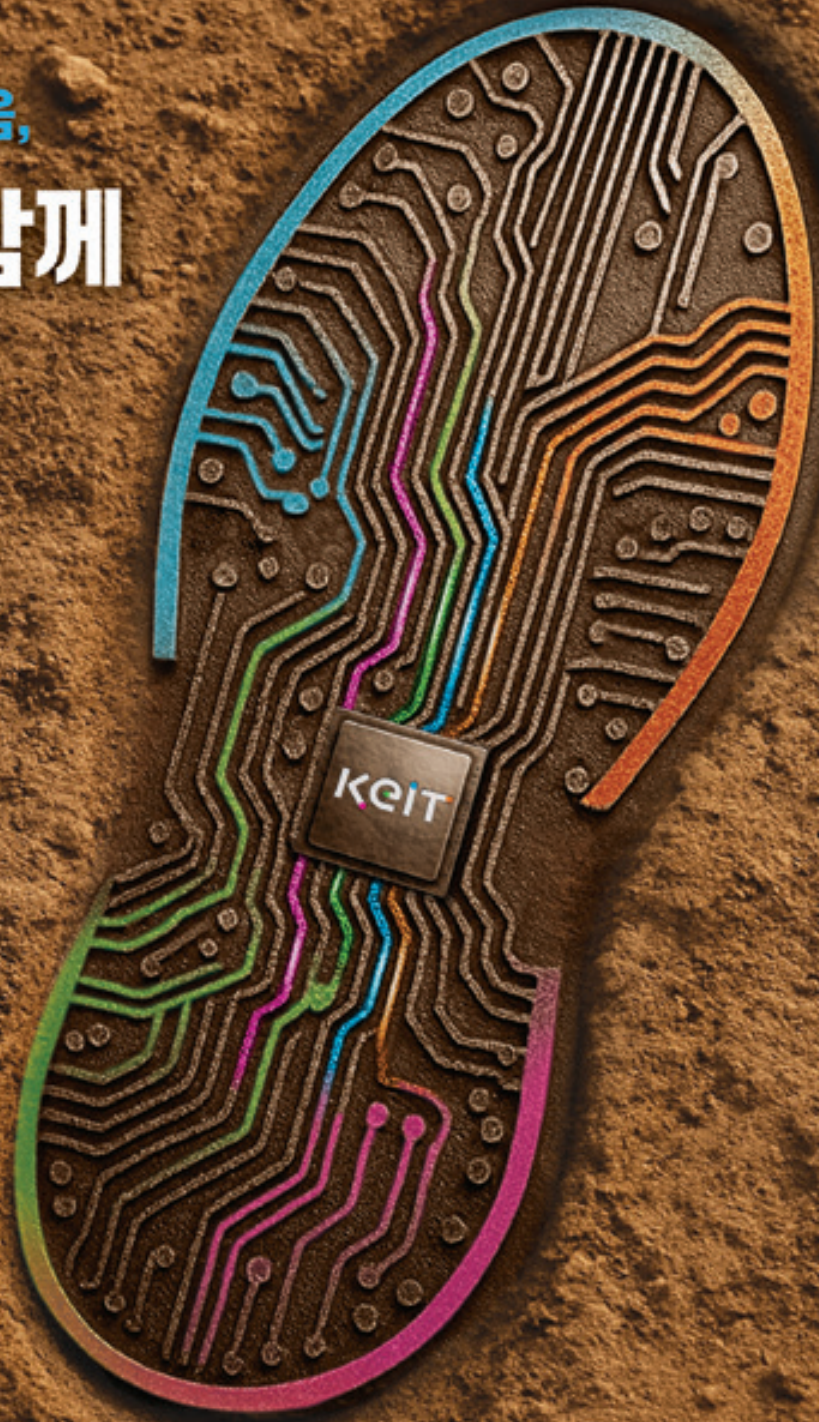


대한민국 제조업이 설비와 숙련의 시대를 지나 데이터와 인공지능^{AI}이 지휘하는 '운영체계' 중심으로 바뀌고 있다. ○○ ○○○는 단순히 개별 공정에 기술을 도입하는 수준을 넘어, 현장 정보와 데이터를 유기적으로 연결해 스스로 학습하고 작동하는 지능형 팩토리로 발전하고 있다.

AI로 여는 **산업의 첫걸음,**

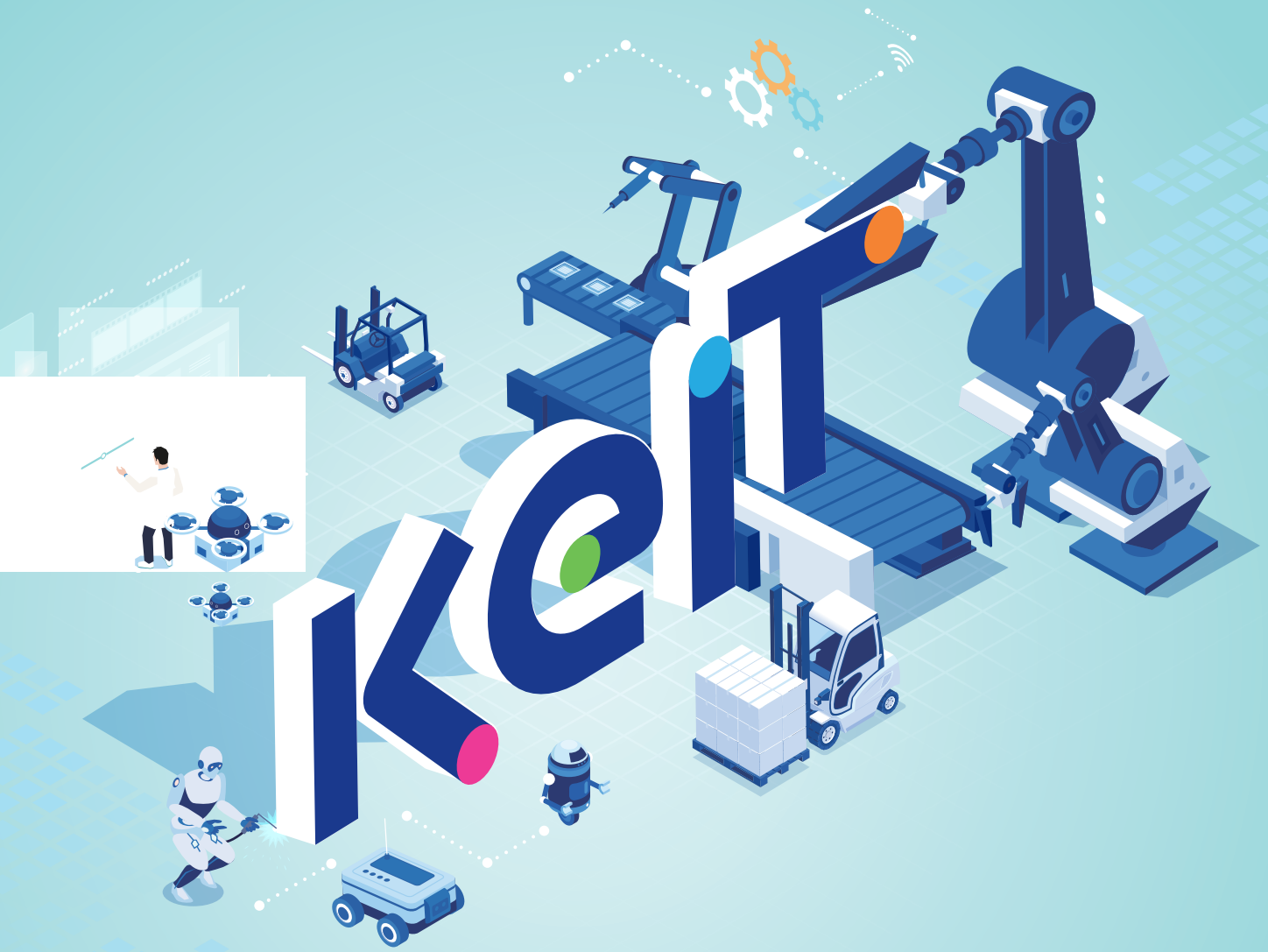
KEIT와 함께

한국산업기술기획평가원(KEIT)은
대한민국 산업 곳곳에 AI를 더합니다
기술의 발자국은 결국,
우리의 미래를 향합니다



KEIT

한국산업기술기획평가원
Korea Planning & Cooperation Institute of Industrial Technology



제조산업의 AI 전환, KEIT가 시작합니다

Changing
Tomorrow
내일을 바꾸는 기술

